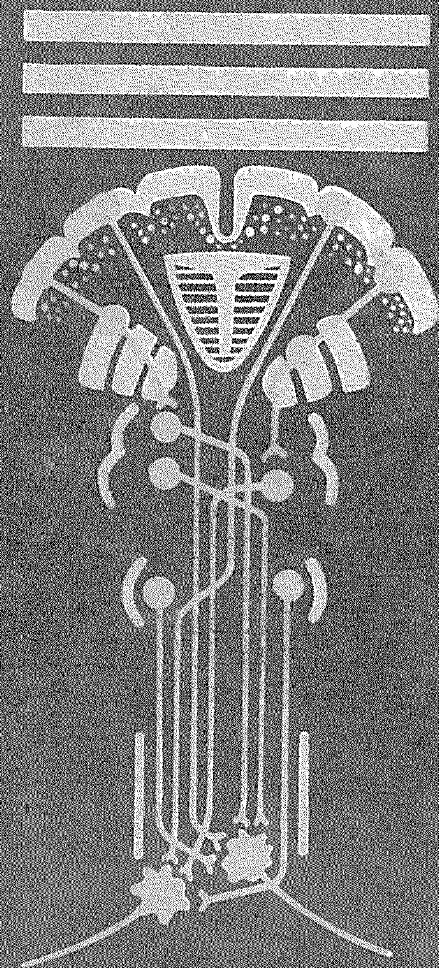
R. CÂRMACIU C. TH. NICULESCU LEILA TORSAN

Anatomia și fiziologia omului



Îndrumător pentru elevi

CUPRINS

CELULA

I. GENERALITĂŢI

Celula este unitatea de bază morfofuncţională şi genetică a organizării materiei vii. Poate exista singură sau în grup, constituind diferite ţesuturi.

Forma celulelor este legată de funcţia lor. Iniţial toate au formă globuloasă, dar ulterior pot deveni fuziforme, stelate, cilindrice, cubice etc., iar unele cum sînt globulele sîngelui, ovulul, celulele cartilaginoase, îşi păstrează forma globuloasă.

Dimensiunile celulelor variază în funcţie de specializarea lor, de starea fiziologică a organismului, de condiţiile mediului extern, vîrstă etc. În organismul uman, printre cele mai mici celule se situează celulele granulare din cerebel de 3—4 μ, hematiile 7,5 μ; cele mai mari sînt ovulele, 200 μ şi fibrele musculare striate, 5—15 cm; în medie diametrul este de 20—30 μ.

II. STRUCTURA CELULEI

În alcătuirea celulelor distingem trei părţi componente principale: membrana celulară (plasmalema), citoplasma şi nucleul (fig. 1).

A. Membrana celulară. Celulele sînt delimitate de membrana celulară (plasmalema) de natură lipoproteică, rezultată din condensarea citoplasmei periferice. Ea asigură existenţa vieţii celulare, a metabolismului.

Ultrastructura membranei celulare (Robertson, 1957), stabilită prin microscopia electronică, arată o componentă trilaminată cu un strat extern, unul mijlociu şi al treilea intern, de cîte 25 A° fiecare. Din punct de vedere biochimic, stratul mijlociu este bimolecular lipidic (fosfolipide şi colesterol), iar straturile extern şi intern sînt de natură proteică. La nivelul membranei s-a constatat existenţa

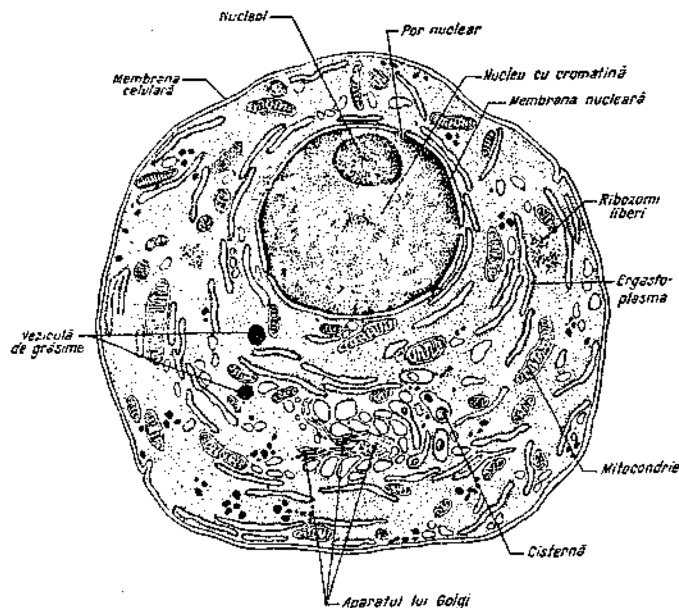


Fig. 1. Celula.

unor sisteme enzimatice cu rol activ în transportul substanțelor, cît și existența unei încărcături electrice (potențial de membrană).

La unele celule, citoplasma prezintă diferite prelungiri acoperite de plasmalemă. Unele pot fi temporare și neordonate, de tipul pseudopodelor (leucocite), altele permanente; microvili (epiteliul mucoasei intestinului, epiteliul tubilor renali), cilii (din epiteliul mucoasei traheii etc.) sau desmozomii care solidarizează celulele epiteliale.

B. Citoplasma. Are o structură complexă, la nivelul ei desfășurîndu-se principalele funcții vitale (sinteza de proteine, producția de energie, contractilitatea etc.). Este un sistem coloidal complex în care mediul de dispersie este apa, iar faza dispersată este ansamblul de micele coloidale în continuă mișcare browniană.

Citoplasma este alcătuită din structuri de aspect corpuscular, filamentos sau membranos, înglobate într-o *matrice* sau substanță fundamentală, numită hialoplasmă (parte nestructurată).

Structurile citoplasmatice, după natura lor, pot fi:

1. *Structuri* ce reprezintă diferențieri ale citoplasmei, cu anumite funcții — numite *organite celulare* — de două categorii:

a. *organite generale* (comune tuturor celulelor, care îndeplinesc funcții generale);

b. *organite speciale* (la anumite tipuri de celule, adaptate unor funcții specifice).

2. Structuri care sînt produsul unor procese celulare, numite *incluziuni citoplasmatice* (materiale de depozit, ca lipidele, glicogenul, pigmenții, unele săruri minerale etc.).

a. Organite generale

Organite	Structură	Funcții
1. Reticulul endoplasmatic (descris în 1952—54 de Porter și Palade).	Sistem canalicular dinamic, ce leagă plasmalema de stratul extern al membranei nucleare. Se poate retracta sau fragmenta, formînd cisterne și vezicule.	Sistem circulator intracitoplasmatic.
— *R.E. neted*	— rețea de citomembrane (500 Å—1 000 Å), de aspect diferit, în funcție de activitatea celulară. Mai abundent în fibrele musculare striate, celulele corticosuprarenalei, foliculul ovarian etc.	rol important în metabolismul glicogenului.
— *R.E. rugos* (ergastoplasma)	— formă diferențiată a R.E. Pe suprafața externă a peretelui membranos prezintă mici particule de ribonucleoproteine — ribozomi. Este bogat în limfocite, în celulele plasmatice ale țesutului conjunctiv (producătoare de anticorpi), ca și în celulele pancreatice.	rol în sinteza de proteine.
2. Ribozomii (corpusculii lui Palade, 1953).	— Organite bogate în ribonucleoproteine, de forma unor granule ovale sau rotunde (150 — 250 Å). Există ribozomi liberi în matricea citoplasmatică	Sediul sintezei de proteine.

Organite	Structură	Funcţii
	şi asociaţi citomembranelor, formînd ergastoplasma. Abundenţi în celulele cu sinteză de proteine, ca: celulele pancreatice, hepatice, nervoase, plasmatice etc.; şi în faza de creştere a celulelor.	
3. *Aparatul Golgi (complexul Golgi*, 1898)	Sistem membranos format din vezicule (micro şi macrovezicule), şi din cisterne alungite, situat în apropierea nucleului în zona cea mai activă a citoplasmei.	în metabolismul citoplasmei, în elaborarea secreţiilor celulare şi în excreţia lor.
4. **Mitocondriile** (descoperite de Benda, 1897), studiate la microscopul electronic de Palade, 1952.	Formă ovală, rotundă, cu un perete de structură trilaminară (lipoproteică). Prezintă un înveliş extern (membrana externă), urmat de un interspaţiu şi spre interior membrana internă plicaturată formînd crestele mitocondriale. În interior se găseşte matricea mitocondrială în care se află sistemele enzimatice care intervin în ciclul Krebs. Energia chimică produsă este înmagazinată în legăturile macroergice ale A.T.P. sintetizat în mitocondrie.	Sediul energogenetic al organismului, respiraţie celulară.

Organite	Structură	Funcţii
5. *Lizozomii* (De Duve, 1955).	— Corpusculi sferici (0,2—1 μ), răspîndiţi în întreaga hialoplasmă. Conţin enzime hidrolitice, cu rol important în celulele care fagocitează (leucocite, macrofage).	Digerarea substanţelor şi particulelor ce pătrund în celulă, precum şi a fragmentelor de celulă sau ţesut (autoliză celulară).
6. *Centrozomul* (centrul celular) (Flemming, 1875).	— În interchineză apare de forma unui corpuscul sferic în apropierea nucleului. Este format din 2 centrioli cilindrici, orientaţi perpendicular unul pe celălalt şi înconjuraţi de o zonă de citoplasmă hialină, vîscoasă (centrosferă). În timpul diviziunii celulare dă naştere asterului şi fusului de diviziune.	Centrul cinetic al celulei. — rol în diviziunea celulară (lipseşte în neuron).

b. Organite specifice

— **Miofibrilele** sînt elemente contractile din sarcoplasma fibrelor musculare.

— **Neurofibrilele,** formaţiuni diferenţiate ale neuroplasmei celulei nervoase.

— **Corpusculii lui Nissl** — reprezintă echivalenţi ai ergastoplasmei pentru celula nervoasă.

— **Cili, flageli** etc.

C. Nucleul este o parte constitutivă principală, cu rolul de a coordona procesele biologice celulare fundamentale (conține materialul genetic, controlează metabolismul celular, transmite informația genetică). Poziția lui în celulă poate fi centrală sau excentrică (celule adipoase, mucoase).

Forma nucleului are, deobicei, forma celulei: la cele izodiametrice (rotunde, cubice, poliedrice) nucleul este globulos, în celulele alungite (fibre musculare netede) are o formă ovalară.

Numărul nucleilor. Majoritatea celulelor sînt monocariocite (un nucleu), dar pot fi și excepții: celule binucleate (celule hepatice), polinucleate (fibra musculară striată), anucleate (hematia adultă).

Dimensiunile nucleului pot fi între 3—20μ, corespunzînd ciclului funcțional al celulei, fiind în raport cu citoplasma de 1/3—1/4. Pot fi însă și celule mici cu nucleu mare (limfocite) și celule mari cu nucleu mic (ovulul).

Structura nucleului cuprinde membrana nucleară, carioplasma și unul sau mai mulți nucleoli.

Membrana nucleară, poroasă, este dublă, cu structură trilaminată, constituită din două foițe (100 A°), una externă spre matricea citoplasmatică ce prezintă ribozomi și se continuă cu citomembranele reticulului endoplasmatic, alta internă, aderentă miezului nuclear. Între cele două membrane există un spațiu (150—300 A°) numit *spațiu perinuclear,* umplut cu un material amorf.

Sub membrană se află *carioplasma,* cu aspect omogen; este o soluție coloidală, cu o fază de sol *(cariolimfa)* și alta de gel *(cromatina nucleară).* În interfază *cromatina* se prezintă sub forma unor *microfibrile* răsucite (30 A°), fixate de membrana nucleară sau de nucleoli — numite *cromoneme* (structura elementară microscopică a cromatinei și a cromozomilor). La începutul diviziunii celulare cromonemele se scurtează, se îngroașă, luînd aspectul de *cromozomi* (46 la om), formați din 2 filamente alăturate numite cromatide, legate într-un singur punct — centromer. Biochimic, cromatina este formată din *nucleoproteine* (A.D.N. legat de histone), fiind sediul informației genetice.

În carioplasmă se găsesc unul sau mai mulți *nucleoli,* cu rol important în sinteza de A.R.N. (ribonucleoproteine). Au forma unor corpusculi denși, rotunzi sau ovalari, delimitați de o condensare a cromatinei nucleare.

III. CELULELE SEXUALE

a. Ovulul se formează în **foliculii** ovarieni din epiteliul germinativ al corticalei ovarului. Are 200 μ, formă sferică, imobilă și o garnitură haploidă (conține jumătate din numărul de cromozomi — 22+x). Structural, este format din membrană vitelină, citoplasmă, nucleu, membrana pelucidă, iar la exterior coroana radiată, care nu aparține ovulului propriu-zis (fig. 2). La exteriorul citoplasmei se găsește *membrana vitelină,* acoperită de membrana sau *zona pellucida,* mai groasă, transparentă și străbătută de canalicule fine (produs de excreție al celulelor foliculare). În jurul zonei pellucida se găsește un înveliș celular, format din celule foliculare, pe unul sau mai multe straturi, cu dispoziție radiară, formînd *coroana radiată.*

Citoplasma are o porțiune periferică mai fluidă, transparentă, și o zonă mai densă în jurul nucleului, cu mai puține substanțe hrănitoare. Conține organite celulare comune, iar alături de nucleu, centrul celular al ovulului (centrozom) numit și corpul vitelin Balbiani. Nucleul, situat central, este mic, are un nucleol și prezintă mișcări amiboide.

b. Spermia se formează prin procesul de spermatogeneză în tubii seminiferi ai testiculului; este celulă mo-

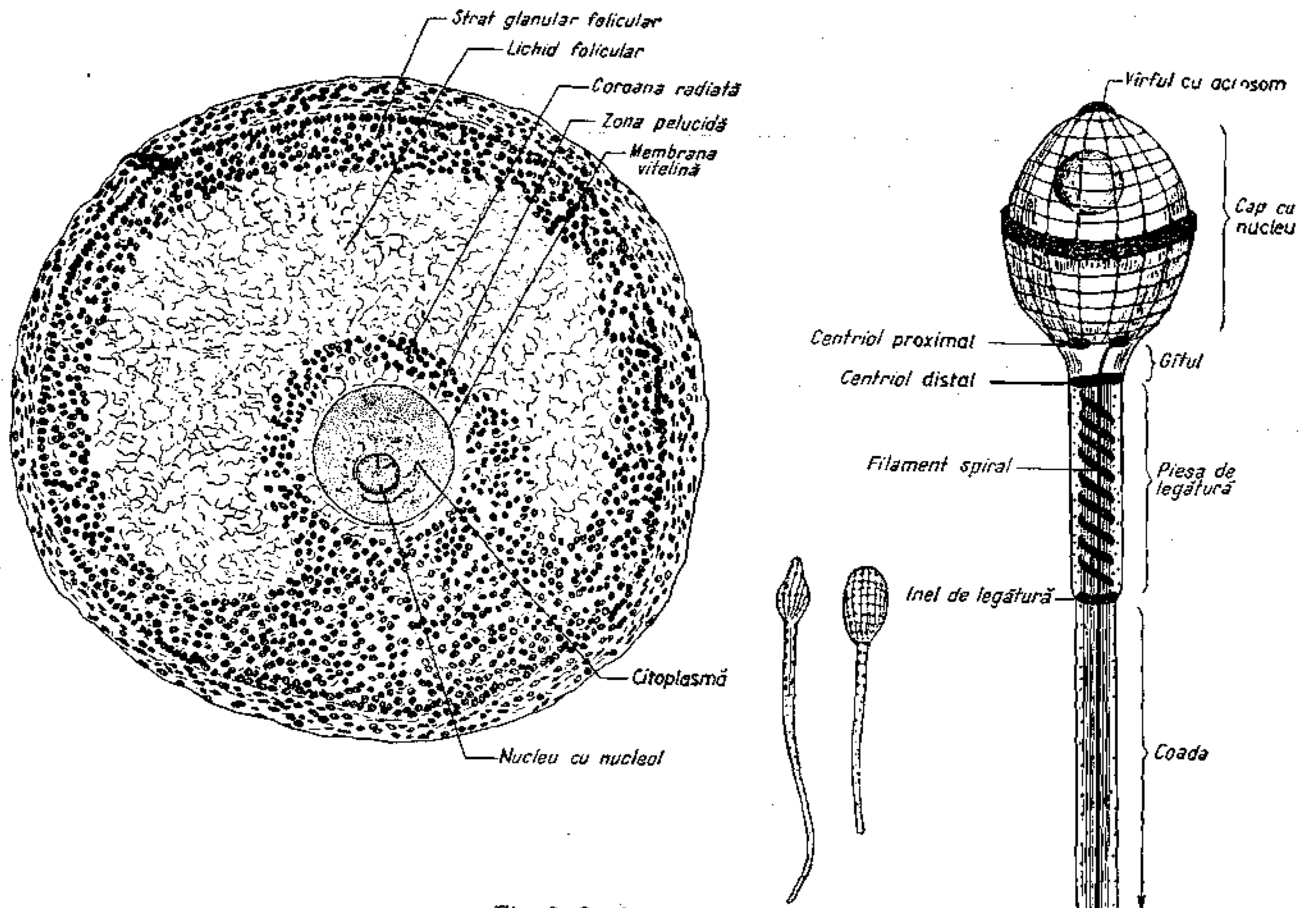


Fig. 2. Ovulul și spermia.

bilă, flagelată, cu o lungime de 50—70 μ și garnitură cromozomială haploidă (22+x; 22+y).

Spermia este alcătuită din cap, gît, piesă intermediară (sau corp) și coadă (v. fig. 2).

— *Capul* (4—5 μ), de formă ovală, are un nucleu mare, învelit periferic de un strat subțire de citoplasmă. Anterior prezintă un corpuscul ascuțit, numit *acrozom* (perforator), cu care spermia lizează ovulul în timpul fecundației. Chimic, capul conține nucleoproteine, lecitine, glicogen etc.

— *Gîtul* este o regiune scurtă și îngustă (0,4 μ), reprezentată prin centriolul proximal care face legătura dintre cap și corp (piesa intermediară).

— *Corpul* este cuprins între cele două jumătăți ale centriolului distal, cu o lungime de 5—9 μ. Central, se găsește filamentul axial cu structura tipică a unui cil mult alungit, înconjurat la rîndul său de „teaca mitocondrială" (mitocondrii dispuse spiralat). Periferic se găsește un strat subțire de citoplasmă înconjurată de plasmalemă. La nivelul piesei intermediare (corp) se găsește centrul cinetic al spermiei, unde sînt generate mișcările acesteia.

— *Coada* (45—55 μ), ultrastructural, este formată din două segmente: *piesa principală*, porțiunea cea mai lungă (40—45 μ) și *piesa terminală* (5—10 μ). Structural, piesa principală este formată din filamentul axial, înconjurat de învelișul citoplasmei. Piesa terminală, segmentul terminal al cozii, are în interior filamentul axial, fără teacă exterioară.

Spermiile sînt celule foarte mobile ce execută mișcări helicoidale de 1—3 mm/minut. Vitalitatea și mișcările spermiilor depind de pH (soluțiile slab alcaline îi activează, cele acide sau alcoolul îi distrug) și variază în funcție de temperatură etc.

FIZIOLOGIA CELULEI

Celulele au o serie de proprietăţi generale şi speciale, care le asigură îndeplinirea rolului specific în ansamblul organismului.

Proprietăţile celulare generale se întîlnesc la orice sistem viu. Acestea sînt: metabolismul, înmulţirea, mişcarea şi iritabilitatea.

Proprietăţile celulare speciale se întîlnesc numai la anumite categorii de celule, adaptate pentru îndeplinirea unor funcţii particulare. Aceste proprietăţi sînt: excitabilitatea, contractilitatea, activitatea secretorie şi fagocitoza. Majoritatea acestor proprietăţi vor fi tratate la capitolele corespunzătoare (metabolismul, glandele cu secreţie internă, sîngele, ţesutul muscular etc.).

EXCITABILITATEA. Unele celule din organism (celule nervoase, musculare şi glandulare) prezintă proprietatea de a răspunde la un stimul din afară printr-o serie de manifestări caracteristice. Această proprietate a primit denumirea de excitabilitate, pentru a o deosebi de *iritabilitate,* care este o proprietate generală a tuturor structurilor vii de a suferi modificări sub acţiunea unor factori externi. Exemplu de iritabilitate este bronzarea pielii sub acţiunea radiaţiilor ultraviolete. În cazul excitabilităţii, relaţia stimul — răspuns are o serie de caracteristici:

— răspunsul este prompt şi uşor observabil;

— răspunsul este acelaşi, indiferent de natura fizică a stimulului;

— peste o anumită valoare a agentului excitant, mărimea răspunsului nu mai depinde de mărimea stimulului.

Stimulul sau *excitantul* poate fi orice variaţie energetică din mediul înconjurător (mecanică, electrică, termică, fotonică, chimică etc.).

PARAMETRII EXCITABILITĂŢII. Pentru a produce excitaţia, stimulul trebuie să îndeplinească anumite condiţii:

— să aibă o anumită intensitate prag;

— să acţioneze un anumit timp;

— să se instaleze cu o anumită bruscheţe.

1. PRAGUL DE EXCITABILITATE

Intensitatea minimă necesară unui excitant pentru a produce un răspuns se numeşte *curent prag* sau *reobază.* Denumirea se datoreşte utilizării aproape universale a curentului electric drept agent excitant. Curenţii cu intensităţi mai mici ca reobaza (curenţi sau excitanţi subliminari) nu excită, iar curenţii cu valoare mai mare ca reobaza (excitanţi supraliminari) produc un răspuns identic cu al curenţilor prag. Se spune că celulele excitabile respectă legea „tot sau nimic“.

Legea a fost descoperită în urmă cu 100 ani în experimente pe preparat neuro-muscular (nerv sciatic, muşchi gastrocnemian de broască) dar a fost confirmată şi prin cercetări recente efectuate cu microelectrozi pe celule individuale. Reobaza caracterizează bine excitabilitatea unui ţesut. Cu cît este mai excitabil, cu atît reobaza este mai mică, deci pragul este mai coborît.

Sumaţia. Stimularea repetitivă a unei celule sau preparat neuro-muscular cu curenţi subliminari poate pro-

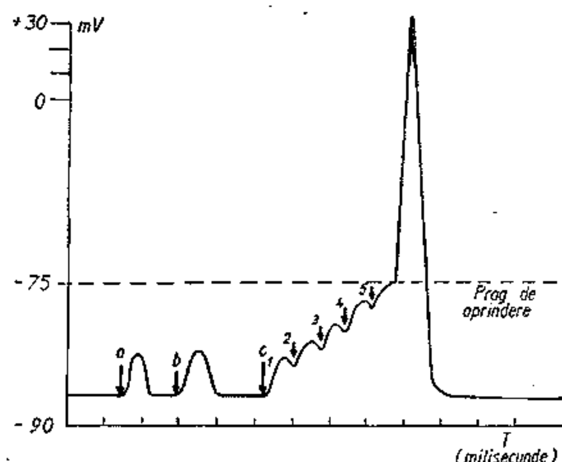


Fig. 3. Potențialul de acțiune obținut prin sumarea unor depolarizări sub prag.

duce excitația. Aceasta ar contrazice legea tot sau nimic. Explicația acestui fenomen este următoarea: fiecare stimul sub prag produce la nivelul membranelor excitabile, o serie de modificări locale, „invizibile" cu metodele clasice. Aceste modificări dispar la scurt timp după încetarea acțiunii stimulului. Dacă un nou stimul apare înainte de a se șterge „urma" stimulului precedent, celula însumează modificările produse de stimulii succesivi pînă se realizează un răspuns vizibil (fig. 3).

2. CRONAXIA

Timpul necesar acțiunii excitantului asupra țesutului reprezintă un alt parametru al excitabilității. Un curent de valoare prag, nu excită dacă el acționează un timp foarte scurt. Așa se întîmplă în cazul folosirii curenților de înaltă frecvență, cu intensități mult peste reobază. Aceștia pot încălzi țesutul, mergînd pînă la carbonizare, fără a excita. Timpul minim necesar unui curent de reobază pentru a excita, se numește *timp util*. Valoarea sa este foarte diferită de la un țesut la altul și nu poate fi utilizat drept criteriu de judecată în aprecierea normalului sau patologicului.

Cercetîndu-se corelația dintre intensitate și durata curentului excitant s-a constatat că, la intensități de valoarea dublului reobazei, timpul minim necesar diferă foarte puțin de la un țesut la altul în condiții normale. S-a denumit *cronaxie*, timpul minim necesar unui curent cu valoarea dublului reobazei pentru a excita. Cronaxia este de ordinul fracțiunilor de milisecundă (0,5—1 ms) și este cu atît mai mică cu cît țesutul este mai excitabil. Nervii motori și mușchii pe care-i comandă au cronaxii apropiate, iar cronaxia nervilor senzitivi nu diferă mult de a nervilor motori. Mușchii au, în general, cronaxii și reobaze ceva mai mari ca nervii motori corespunzători. În condiții de surmenaj și oboseală, raportul valorilor reobazei și cronaxiei nervilor și mușchilor se poate inversa. Cronaxia este de zeci de ori mai scurtă ca timpul util.

3. BRUSCHEȚEA

Dacă facem să crească progresiv intensitatea unui stimul spre valoarea de prag, acesta nu mai excită chiar dacă depășește pragul și durează mai mult decît timpul util. De aici se vede că pentru a excita, curentul de reobază trebuie să se instaleze suficient de brusc.

În cazul curenților lent-crescători, pragul de excitabilitate al celulei crește paralel cu creșterea intensității ex-

citantului, şi celula nu răspunde. Membrana celulară s-a *acomodat* la stimul. Acomodarea este una din explicaţiile fenomenului de adaptare a *receptorilor*, descris la analizatori.

BIOFIZICA EXCITAŢIEI. La baza excitabilităţii celulare se află proprietăţile speciale ale membranei acesteia (polarizarea electrică, permeabilitatea selectivă, pompele ionice etc.).

Potenţialul de repaus. Cercetările cu microelectrozi implantaţi în interiorul celulei (un microelectrod este confecţionat dintr-un tub foarte subţire de cuarţ, al cărui vîrf are diametrul de 0,5—1 micron) au arătat că, în repaus, în interiorul celulelor excitabile, este negativ în raport cu mediul pericelular (fig. 4). Diferenţa de potenţial dintre cele două feţe ale membranei a fost măsurată cu osciloscopul catodic; ea are valoarea de —90 mV (cu variaţii în funcţie de tipul celulei) şi se numeşte *potenţial de repaus* (PR).

Orice creştere a negativităţii interioare sau a pozitivităţii exterioare, măreşte PR, adică hiperpolarizează membrana, iar operaţiunea inversă duce la scăderea PR, adică la depolarizare. Prin hiperpolarizare, celulele devin mai puţin excitabile, iar prin depolarizare parţială, devin mai excitabile.

La baza polarizării de repaus se află structura şi funcţiile membranei celulare, care generează şi menţin o diferenţă de compoziţie electrolitică între lichidul celular şi cel extracelular. Principalii electroliţi implicaţi în excitabilitate sînt K^+ şi Na^+.

Repartiţia lor în cele două sectoare (celular şi extracelular) este asimetrică. Na^+ este de 20 ori mai concentrat în afara celulei iar K^+ este de 30 de ori mai concentrat în interiorul ei. Diferenţa de concentraţie a unui electrolit în cele două medii apoase reprezintă *gradientul chimic* al acelui element. Conform legilor difuziunii fiecare substanţă se deplasează pasiv, în gradient chimic, din sectorul cu concentraţie mare spre cel cu concentraţie mai

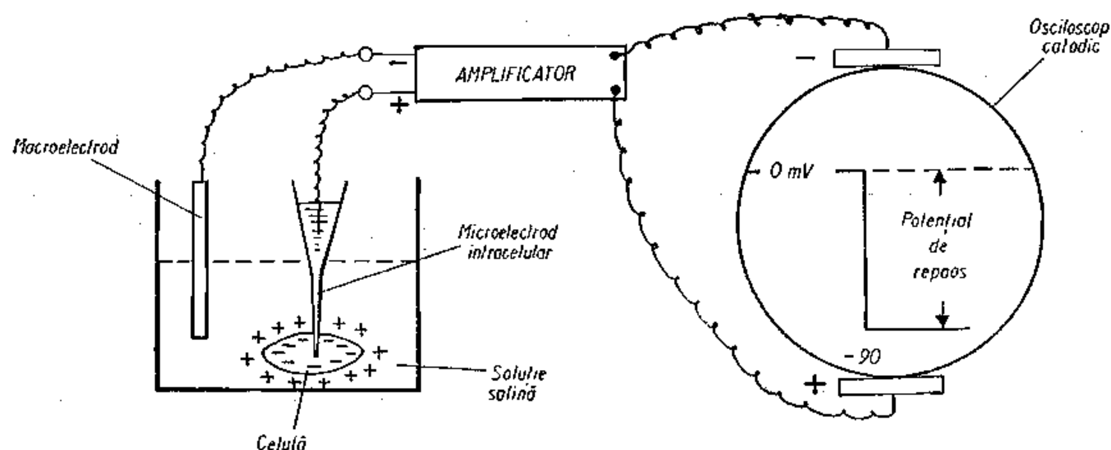


Fig. 4. Înregistrarea cu microelectrozi a potenţialului endocelular.

mică. Deci, K^+ va părăsi celula iar Na^+ o va invada, pînă la anularea gradientelor, ducînd la moartea celulei. Fluxul de ioni prin membrană este reglat însă de proprietățile acesteia (permeabilitate selectivă, conductanță electrică, pompe ionice). Prin conductanță (g) se înțelege atitudinea unei membrane încărcate electric față de fluxul transmembranar al unui ion.

Fiecare ion se mișcă prin membrană conform conductanței sale (Na^+ în funcție de g Na^+, K^+ în funcție de g K^+ ș.a.m.d.). În repaus, membrana are o conductanță foarte scăzută pentru Na^+ și crescută pentru K^+. Ca urmare, se produce o ieșire a potasiului din celulă, al cărei interior devine negativ. Cînd valoarea potențialului negativ intracelular ajunge suficient de mare (—90 mV), acesta frînează ieșirea în continuare a ionilor de K^+, producînd o reîntoarcere în celulă a ionilor ieșiți. Se stabilește astfel un echilibru de difuziune pasivă a K^+ prin membrană, la o diferență de potențial de —90 mV, și o diferență de concentrație a K^+ extracelular (K^+ intracelular de 1/30).

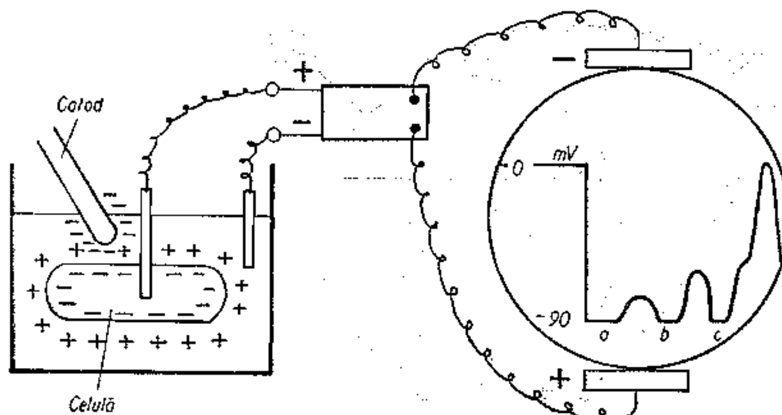


Fig. 5. Depolarizarea pasivă a membranei.

Se spune că potențialul de repaus este un potențial de potasiu, el fiind generat de distribuția pasivă a K^+ în gradientul său electrochimic (gradientul electric plus gradientul de concentrație chimică). La menținerea gradientului chimic participă și mecanisme active cu sediul în membrană, denumite pompe ionice. Astfel există pompa cuplată de Na^+/K^+, a cărei sarcină constă în eliminarea continuă a ionilor de Na^+ ce pătrund lent în celulă și recaptarea ionilor de K^+ ce părăsesc suplimentar celula.

Pompele de Na/K nu se odihnesc niciodată. În repaus, celula a fost comparată cu o barcă găurită ce ia continuu apă, dar nu se scufundă deoarece în ea se află pompe care elimină mereu apa ce pătrunde. Activitatea de pompare reprezintă transport activ, ce necesită consum de energie din partea celulei și activitate enzimatică cu sediul în membrană. Potențialul de repaus poate fi modificat pasiv sau activ. Pasiv, prin aducerea de sarcini negative pe fața externă a membranei, se anulează o parte din sarcinile pozitive și PR scade, are loc depolarizarea (fig. 5). Dacă sarcinile negative sînt aduse pe fața internă a membranei PR crește, are loc hiperpolarizarea. Aceleași modificări pasive dar de sens opus pot fi obținute prin adaus de sarcini pozitive.

Activ, potențialul de membrană poate fi modificat prin schimbarea conductanțelor sale față de diferiți ioni. Prin creșterea g K^+ se permite o ieșire suplimentară a potasiului, iar membrana se hiperpolarizează. Scăderea g K^+ are consecințe opuse. Creșterea g Na^+ depolarizează membrana ș.a.m.d.

Potențialul de acțiune (PA)

Cu ajutorul unui catod, aducem cîteva sarcini negative la exteriorul celulei. Se constată o reducere a PR (v. fig. 6, *a*). Îndepărtînd catodul, PR revine la normal. Repetăm

folosind un curent negativ mai puternic și constatăm o depolarizare pasivă mai amplă a membranei urmată de revenirea la valoarea inițială (v. fig. 6, *b*).

Folosind un catod și mai puternic, se constată la început o depolarizare pasivă amplă, care se continuă însă cu o depolarizare a membranei, al cărei potențial trece rapid prin valoarea zero, spre o valoare pozitivă de +30 mV la interior. În acest moment, sensul de variație a potențialului de membrană se schimbă brusc. Valoarea sa pozitivă descrește vertiginos spre zero și mai departe spre valori tot mai negative pînă ce se atinge valoarea inițială de —90 mV la interior (fig. 6, *c*).

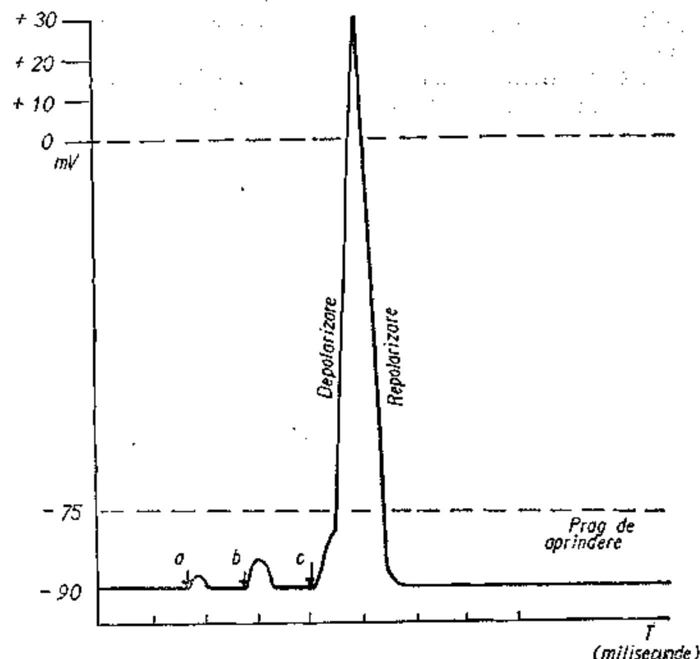


Fig 6. Potențiale locale sub prag și potențialul de acțiune.

Această furtună electrică de la nivelul membranei nu rămîne cantonată la locul de acțiune al excitantului și se propagă cu repeziciune pe toată suprafața celulei. Totul durează o miime de secundă, perioadă în care suprafața celulei devine negativă. Curba descrisă de spotul osciloscopului are aspect de vîrf ascuțit delimitat de două pante abrupte. O pantă ascendentă de polarizarea și o pantă descendentă, repolarizarea membranei. Acest ansamblu reprezintă potențialul de acțiune. O analiză mai atentă a experimentului din figura 6, ne arată că pentru a obține un potențial de acțiune, trebuie să folosim un excitant suficient de puternic (cu valoare prag). Acest excitant (catodul în cazul de față) produce o depolarizare pasivă a membranei pînă la o anumită valoare (—75 mV) ce reprezintă pragul de aprindere al celulei (membranei), adică pragul de excitabilitate.

Excitanții subliminari (a și b) nu reușesc o depolarizare pînă la acel prag critic. Amplitudinea totală a PA este de 120 mV ((—90)+(+30)). Ea nu crește chiar dacă folosim curenți catodici și mai puternici decît în „c". Aceasta este legea *„tot sau nimic"*. Totodată, se vede că excitanții subliminari nu rămîn total fără efect. Ei produc depolarizări tranzitorii, locale, nepropagate, cu valoare proporțională cu intensitatea stimulului, deci contrar legii tot sau nimic.

Aceste depolarizări locale se pot suma prin stimulare cu frecvență mare și intensitate sub prag, putînd duce la declanșarea unui potențial de acțiune „tot sau nimic", propagat (fig. 3).

Potențialul de acțiune reprezintă o caracteristică esențială a răspunsului celulei la acțiunea unui excitant. De aceea, *excitabilitatea poate fi definită ca proprietatea ace-*

lor celule care răspund la un stimul printr-un potențial de acțiune.

Potențialul de acțiune se datorește variațiilor ce survin în conductanțele ionice ale membranei. În momentul cînd excitantul a produs depolarizarea pasivă pînă la pragul critic, are loc o creștere bruscă a g Na^+. Se produce un influx rapid de Na^+, care anulează potențialul negativ interior încărcînd celula cu sarcini pozitive. În acest moment, s-a atins vîrful potențialului de acțiune. Ionii de Na^+ încetează să mai pătrundă în celulă atît din cauza respingerii lor de către potențialul pozitiv endocelular cît mai ales din cauza revenirii g Na la valori scăzute.

Imediat are loc o creștere a g K^+ peste valoarea de repaus, determinînd un eflux important de K^+, responsabil de panta descendentă a PA. Intrarea Na^+ în celulă produce depolarizarea iar ieșirea K^+ repolarizarea. După consumarea acestor fluxuri ionice membrana redobîndește configurația electrică de repaus dar celula are o compoziție chimică diferită. A primit un supliment de Na^+ și a pierdut o cantitate echivalentă de K^+. Restabilirea compoziției chimice de repaus are loc în următoarele 100 ms, grație intensificării activității pompei cuplate de Na/K. Pe durata PA, membrana este inexcitabilă (refractară) dar poate fi excitată, după fiecare repolarizare, cu sute de stimuli pe secundă. Stimularea pe durate de zeci de minute cu asemenea frecvențe, nu lasă timp suficient de acțiune pompelor ionice, fapt ce determină instalarea oboselii membranei.

La excitabilitate participă și ionii de Ca^{++} și Cl^-, mai ales în cazul celulelor musculare cardiace.

ȚESUTURILE

Țesuturile sînt sisteme organizate de materie vie cu funcții biologice definite, formate din celule similare, care îndeplinesc în organism aceeași funcție sau același grup de funcții. Celulele sînt unite între ele printr-o substanță intercelulară care, atunci cînd este în cantitate mică, se numește „substanță de ciment", iar în cantitate mare, „substanță fundamentală".

Clasificarea țesuturilor

- **I. Epitelial**
  - **1.** *de acoperire*
    - *simple*
      - — pavimentoase (inclusiv endoteliu și mezoteliu)
      - — cubice
      - — cilindrice ciliate și neciliate
    - *pseudostratificate* — cilindrice ciliate și neciliate
    - *stratificate*
      - — pavimentoase (cheratinizate și necheratinizate)
      - — cubice
      - — cilindrice
      - — de tranziție (uroteliu)
  - **2.** *glandulare*
    - *tip endocrin*
      - — tipul în cordoane și alveole
      - — tipul folicular (vezicular, tiroida)
    - *tip exocrin* (pluricelulare)
      - — *simplu*
        - tubular
        - alveolar
        - (acinos)
        - tubular
      - — *compus*
        - tubulo-glomerular
        - tubulo-alveolar
        - tubulo-acinos
    - *tip mixt*
      - pancreasul
      - testiculul
      - ovarul
  - **3.** *senzoriale* (neuroepiteliile) care intră în structura organelor de simț.

- **II. Conjunctiv**
  - — *după consistență*
    - 1) *moi*
      - lax
      - reticulat
      - adipos
      - fibros
      - elastic
    - 2) *semidur* — cartilaginos
      - hialin
      - elastic
      - fibros
    - 3) *dur* — osos
      - compact
      - spongios
  - — *după funcție*
    - rol trofic
      - — ț. conj. lax.
      - — adipos
      - — sangvin
    - rol mecanic
      - — fibros
      - — cartilaginos
      - — osos
    - rol de depozit
      - — adipos
      - — osos
    - rol de apărare
      - — reticulat
      - — conjunctiv lax
- **III. Muscular**
  - — neted
  - — striat
  - — striat de tip cardiac
- **IV. Nervos**
  - neuronul — celula nervoasă
  - nevroglia — celula glială
- **V. Sîngele**

I. ȚESUTUL EPITELIAL

Țesutul epitelial acoperă suprafața organismului formînd epidermul, căptușește cavitățile și conductele diferitelor organe, constituie parenchimul glandelor exocrine și endocrine, iar unele s-au specializat în recepția diverșilor stimuli (epiteliile senzoriale, fig. 7). Este alcătuit din celule care, inițial, au formă rotundă, însă în raport cu specializarea funcțională și localizarea lor pot fi: turtite (pavimentoase), poliedrice, cubice sau cilindrice. Celulele sînt

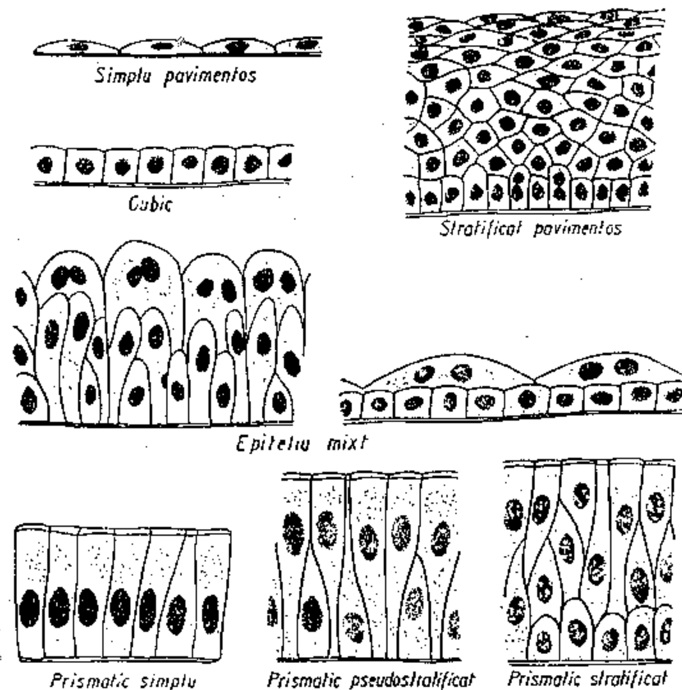


Fig. 7. Principalele tipuri morfologice de epitelii.

unite prin ciment intercelular sau solidarizate prin tonofibrile (punți citoplasmatice) și desmozomi. Epiteliul acoperă țesutul conjunctiv, de care este separat prin membrana bazală, care servește ca suport și permite trecerea plasmei sangvine, epiteliul fiind avascular. De la țesutul conjunctiv primește terminații nervoase bogate, care-i asigură sensibilitatea.

1. EPITELIILE DE ACOPERIRE

Tip de epiteliu	Clasificare după forma celulelor	Caracteristici	Localizare
1	2	3	4
Epiteliul simplu (unistratificat și pseudostratificat)	Celulele sînt situate pe membrana bazală, unite prin substanță ciment și desmozomi.	— *epiteliu simplu pavimentos* (celule plate) — *ep. cubic* (celule de formă cuboidă)	— endoteliile, mezoteliile (peritoneu, pericard, foițele pleurale) — mucoasa bronhiilor mici (bronhiolele terminale din lobulul pulmonar), canalele excretoare mici ale glandelor salivare
	Celulele cilindrice pot avea cili (ep. trompei uterine) sau microvili acoperiți de o membrană celulară formînd platoul striat (epiteliul vilozităților intestinale)	— *Ep. cilindric sau prismatic*	— mucoasa tubului digestiv de la nivelul cardiei pînă la rect și în mucoasa uterină.

1	2	3	4
	Celule de înălțimi diferite, numai unele ajung la suprafață dînd aspect fals de stratificare; toate celulele se sprijină pe membrana bazală	— *Ep. pseudostratificat* (celule cilindrice cu cili printre care se găsesc și celule cu mucus)	— în mucoasa traheei și a bronhiilor principale
Epiteliul, stratificat	Numărul straturilor variază ca și forma celulelor din ultimul strat. Stratul profund este situat pe o membrană bazală	— *Ep. stratificat pavimentos* (celulele superficiale sînt pavimentoase iar cele profunde au rol generator (strat generator)	— structura pielii (cheratinizat) — mucoasa bucală, esofagiană (necheratinizată).
		— *Ep. stratificat cubic* Se găsește mai ales în viața embrionară; la adult este format din două rînduri de celule, cele superficiale cubice, iar cele bazale mai înalte	— Structura canalelor mici ale glandelor salivare
		— *Ep. stratificat cilindric* (prismatic) — mai multe straturi celulare, cel superficial cilindric. Poate fi ciliat și neciliat	— mucoasa faringiană, laringiană.
		— *Ep. de tranziție* (uroteliu) — forma celulelor și numărul straturilor este variabil în funcție de golirea și distensia organelor. Uroteliul este impermeabil pt. constituenții urinei, este lipsit de membrană bazală.	— căile urinare (mucoasa vezicii urinare, a ureterelor)

2. EPITELIILE GLANDULARE

Țesutul epitelial glandular este format din celule diferențiate care au proprietatea de a elabora produși specifici. Celulele sînt dispuse în diferite moduri și în asociație cu țesutul conjunctiv, cu vasele sangvine și terminațiile nervoase, formează glande. Produșii secretați pot

fi excretați la exteriorul organismului, în lumenul unor organe, sau trec direct în sînge. După felul produșilor de secreție și după locul de excreție, distingem trei tipuri de glande: *exocrine*, produsul de secreție este eliminat printr-un canal la exterior (glande sebacee, sudoripare etc.) sau în diferite cavități (glande salivare, gastrice etc.); *endocrine* (glande cu secreție internă), ai căror produși (hormonii) se elimină direct în sînge; *glande mixte* — care au o dublă secreție, endocrină și exocrină (pancreas, testicul, ovar).

Celulele epiteliilor glandulare au forme variate: piramidale, cuboide, înalte, poliedrice. În citoplasma lor au numeroase mitocondrii și un aparat Golgi bine dezvoltat, ca și o ergastoplasmă bogată, structuri legate de elaborarea produșilor de secreție.

Glandele exocrine se deosebesc între ele prin morfologia și structura lor. Clasificarea se face după: numărul de celule, așezarea celulelor glandulare în parenchimul secretor și după ramificarea conductelor de excreție.

După numărul de celule	Tipul glandei	Caracteristici	Localizare
1	2	3	4
Glande unicelulare	—	Celula secretorie este situată printre alte celule epiteliale de tip prismatic monostratificat. Au formă de caliciu (celule caliciforme) și secretă mucus	— epiteliul intestinal, căile biliare extrahepatice, epiteliile ciliate ale arborelui respirator etc.
Glande pluricelulare (epiteliu de secreție, situat pe un țesut conjunctiv inervat și vascularizat)	SIMPLE: — *glande tubuloase*	— aspect de tub, celulele glandulare se află pe o membrană bazală; se deschid direct în lumenul organului	— Glandele Lieberkühn din intestinul subțire
	— *glande acinoase*	— porțiunea secretorie dilatată, căptușită cu celule epiteliale de formă piramidală ce delimitează un lumen	— glandele lacrimale
	— *glande alveolare*	— asemănătoare celor acinoase, dar porțiunea secretorie este mai dilatată	— glandele sebacee
	COMPUSE: — *glande tubulare compuse* (ramificate)	— mai mulți tubi care fuzionează la nivelul suprafeței de evacuare a secreției	— glandele Brünner din duoden
	— *glande tubulo-alveolare*	— formate din tubi glandulari și din alveole glandulare	— prostată
	— *gl. tubulo-glomerulare*	— porțiunea secretorie tubulară înfășurată în ghem.	— glandele sudoripare
	— *gl. tubulo-acinoase* (acinoase compuse)	— glande tubulare ce au la capăt cîte un acin. Acinii formează parenchimul secretor (acini seroși, micști, mucoși)	— gl. salivare, parenchimul exocrin al pancreasului

Glandele endocrine se caracterizează prin: lipsa canalelor de excreție, produsul de secreție (hormonii) se varsă direct în sînge; celulele secretoare sînt dispuse sub formă de cordoane, mase epiteliale sau mici vezicule (tiroidă); rețeaua capilară (sinusoide) intră în structura fiecărei glande.

3. EPITELIILE SENZORIALE (senzitive)

Acest tip de epiteliu este format din celule specializate pentru recepționarea diferiților stimuli externi sau interni și face parte integrantă din organele de simț, unde vor fi studiate. Sînt două tipuri celulare: unele senzitive, caracterizate prin două prelungiri, și altele pseudosenzitive, numai cu o prelungire apicală. La polul bazal, aceste elemente sînt înconjurate și au contact cu dendritele unor neuroni senzitivi.

II. ȚESUTUL CONJUNCTIV

Țesutul conjunctiv este foarte variat ca aspect morfologic și funcțional. Este alcătuit din trei componente principale: celulele conjunctive, fibrele conjunctive (colagene, elastice, reticulare) și o substanță nestructurată, amorfă, numită substanță fundamentală.

Celulele conjunctive sînt foarte variate, ele provin din celulele mezenchimale embrionare. Acestea pot fi împărțite în două grupe: — celule autohtone și celule migratorii (leucocitele, limfocitele, monocitele).

Din grupa celulelor autohtone fac parte:

— fibrocitele, cu formă alungită sau stelată, care pot fi fixe sau mobile — îndeplinesc funcții metabolice fundamentale (de edificare a fibrelor și a substanței fundamentale).

— histiocitele — mobile și de formă variabilă, cu prelungiri citoplasmatice; sînt elemente reactive.

— plasmocitele (ovale, rotunde), celulele adipoase și celulele pigmentare cu funcții speciale, respectiv în sinteza de proteine, lipide și pigmenți.

— mastocitele (rotunde, ovale sau neregulate) îndeplinesc rolul de coordonator al tuturor proceselor metabolice din țesutul conjunctiv.

— celulele de origine embrionară (mezenchimală și reticulată) cu capacitatea de reînnoire continuă a celulelor din țesutul conjunctiv.

Fibrele conjunctive sînt de trei feluri:

— colagene sau conjunctive: în toate tipurile de țesut conjunctiv, sînt omogene și dispuse în fascicule (prin fierbere dau gelatina);

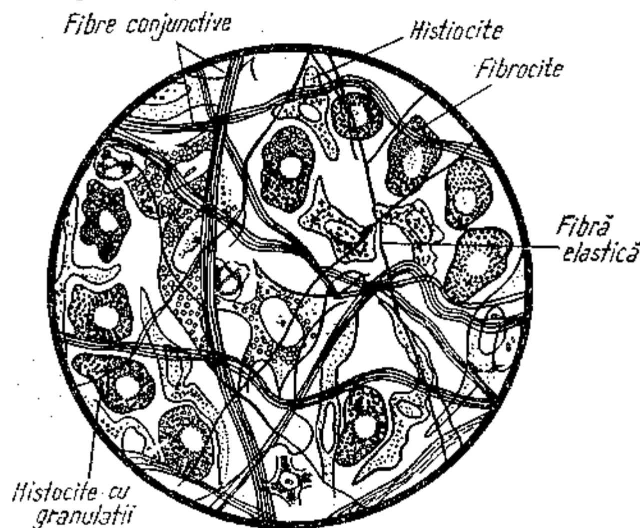


Fig. 8. Țesut conjunctiv lax.

— elastice: subțiri, ramificate, dispuse în rețea. Sînt formate din elastină ce le conferă elasticitate;

— fibrele de reticulină formează o rețea în ochiurile căreia se găsește substanța fundamentală (se găsesc în special în organele limfopoetice, în țesutul lax și în membranele bazale).

Substanța fundamentală este o componentă amorfă, ce ocupă spațiul dintre fibre și celulele conjunctive. Intervine în metabolismul apei și al sărurilor minerale. În țesutul cartilaginos este rezistentă și elastică, încărcată cu condrină, în țesutul osos este solidă, dură și rezistentă, încărcată cu săruri minerale. Substanța fundamentală este produsă de celulele țesutului conjunctiv.

Țesuturile conjunctive, după consistența lor, pot fi clasificate în: *țesuturi moi* (conjunctiv lax — figura 8 — reticulat, adipos, fibros, elastic), *țesutul semidur* — cartilaginos și *țesut dur* — țesutul osos.

1. ȚESUTURILE CONJUNCTIVE MOI

Tipuri de țesuturi	Caracteristici	Localizare
1	2	3
Țesut conjunctiv lax	Este forma cea mai răspîndită; conține în proporție egală celule, fibre, subst. fundamentală. Celulele sînt de 2 feluri: — *fixe* — fibrocite, celule adipoase, histiocite, macrofage, celule pigmentare, plasmocite și mastocite, și *mobile* — limfocite și leucocite. Substanța fundamentală este abundentă iar fibrele sînt numeroase (colagene, elastice, reticulină)	În organe formează stroma conjunctivă de susținere și are rol trofic. Umple spațiile libere dintre organe, formează hipodermul, leagă fibrele musculare și grupele de mușchi; se întinde de-a lungul nervilor și vaselor și formează cu epiteliile, unități funcționale.
Țesutul reticulat	Este format din celule reticulare, cu multe prelungiri și din fibre de reticulină. Celulele se pot transforma în histiocite macrofage, avînd rol în procesele de apărare (fagocitoză)	— ganglioni limfatici, splină, măduva osoasă, ficat; mucoasele respiratorii și digestive
Țesutul adipos	În structura sa predomină celulele adipoase care se grupează (200—400) în jurul capilarelor și arteriolelor, formînd lobuli adipoși între care se găsește țesut conjunctiv lax. Are rol trofic, mecanic și de izolare termică pentru unele organe.	— în jurul unor organe (rinichi, suprarenală, ochi, tiroidă), în mezenter, în mediastin, în regiunile axilare și inghinale, hipoderm.
Țesutul fibros	Predomină fibrele de colagen și elastice, puțină substanță fundamentală și celule. Are vascularizație și plasticitate reduse. Este rezistent, avînd rol de protecție.	— în fasciile ce acoperă mușchii, în structura tendoanelor și a aponevrozelor, a capsulelor unor organe (ficat, rinichi, splină, ganglioni limfatici), dermă, cornee, fir de păr.

1	2	3
Țesutul elastic	Conține numeroase fibre elastice printre care se găsește substanța fundamentală. Celulele sînt puține.	— tunica medie a arterelor mari, corzile vocale, ligamentele galbene dintre vertebre.

2. ȚESUTUL CONJUNCTIV SEMIDUR *(CARTILAGINOS)*

Țesutul cartilaginos face parte din grupa țesuturilor cu funcție mecanică, caracterizat prin compoziție chimică și proprietăți fizice deosebite: rezistența elastică la presiune și mare rezistență mecanică la frecare. Este învelit, la exterior, de o membrană fibroasă, puțin vascularizată, numită *pericondru*. Țesutul cartilaginos este format din celule, substanță fundamentală și fibre. Componenta cea mai abundentă este dată de ansamblul format din substanța fundamentală și fibre, care se numește *substanță cartilaginoasă* sau *matricea cartilagiului*. În ea sînt săpate cămăruțe, *condroplaste*, care adăpostesc celulele cartilaginoase — *condroblaste* — cînd sînt tinere — și *condrocite*, mature.

Condrocitele sînt celule mari, ovale, globuloase, cu un diametru de 40 μ, cu citoplasmă abundentă; se află în grupuri de 2—4 celule sau izolate.

Substanța fundamentală este impregnată cu *condrină*.

Substanțele anorganice sînt reprezentate de apă 70% și de sărurile minerale în care predomină NaCl.

În structura cartilagiului intră și fibre colagene și elastice care se condensează concentric în jurul condroplastelor. Cartilajul nu este vascularizat, nutriția realizîndu-se prin difuziune de la nivelul capilarelor din pericondru.

După cantitatea și varietatea de fibre se deosebesc trei tipuri principale de țesut cartilaginos: hialin, elastic și fibros.

— *Cartilajul hialin* are substanță fundamentală abundentă, rezistentă și omogenă, impregnată cu condrină. Se găsesc puține fibre colagene, foarte fine, cu orientări diferite. Celulele sînt izolate sau dispuse în grupuri. Din cartilaj hialin este format scheletul embrionului, cartilajele de creștere diafizo-epifizare, cartilajele articulare, scheletul cartilaginos al traheei și bronhiilor, cartilajele nazale și ale coastelor.

— *Cartilajul elastic* conține, în substanța fundamentală, o bogată rețea de fibre elastice; celulele sînt așezate în grupuri mici alăturate. El formează scheletul organelor care trebuie să-și mențină forma, dar au un grad mare de elasticitate: pavilionul urechii, epiglota, aripile nasului etc.

— *Cartilajul fibros* este format din fascicule de fibre colagene, cu orientarea longitudinală. Celulele sînt puțin numeroase, așezate de-a lungul fasciculelor de fibre, în grupe de 2—3, iar substanța fundamentală este redusă. Se mai numește *țesut fibrocartilaginos* și formează: discurile intervertebrale, cartilajele simfizelor, meniscurile articulare și unele ligamente (ligamentul capului femural).

3. ȚESUTUL OSOS

Țesutul osos este adaptat pentru funcția de suport și protecție, fiind cel mai rezistent și dur țesut mecanic, datorită impregnării substanței fundamentale cu săruri minerale, de calciu și fosfor. Este format din celule osoase,

fibre și substanță fundamentală, fiind puternic vascularizat, acoperit la periferie, cu excepția capetelor articulare, de o membrană vasculo-conjunctivă numită *periost*.

Celula osoasă, numită *osteoblast* în stadiul tînăr și *osteocit* în stadiul adult, are rol osteogen. Osteocitele sînt de formă ovalară, turtite, cu multe prelungiri, situate în niște cavități stelate sau fuziforme (20—30 μ diametru) numite *osteoplaști*, săpate în substanța fundamentală. De pe pereții osteoplaștilor pornesc numeroase canalicule subțiri, flexuoase, care se anastomozează cu canaliculele osteoplaștilor învecinați și în care pătrund prelungirile osteocitelor. Osteoblastele prezintă o bogată activitate secretorie, participînd la fabricarea oseinei, la procesele de dezvoltare a oaselor, de reparație și regenerare. După terminarea procesului de osificare, osteoblastele se maturizează, transformîndu-se în osteocite. *Osteoclastele* sînt celule mari, cu forme neregulate, polinucleate. Au o puternică activitate enzimatică și fagocitară de distrugere, cu rol în formarea canalului medular și în diferite remodelări ale substanței osoase.

Substanța fundamentală a osului are două componente: organică și minerală.

— *Componenta organică*, în proporție de 34%, este formată din oseină, în constituția căreia se deosebesc o substanță *glicoproteică*, în care se depun sărurile minerale și *substanța colagenă*, reprezentată de sistemele de fibre conjunctive ale țesutului osos.

— *Componenta minerală*, în proporție de 66%, este formată din microcristale de fosfat tricalcic, carbonat de calciu, fluorură de calciu, carbonat de sodiu, carbonat de magneziu, hidroxid de calciu.

Substanța fundamentală se dispune sub formă de lamele osoase și, după dispoziția lor, distingem două varietăți de țesut osos: compact și spongios.

Țesutul osos compact formează diafiza oaselor lungi, stratul de la suprafața epifizelor și al oaselor scurte, cît și lama internă și externă a oaselor late. Este format din numeroase *canale Hawers* (conțin țesut conjunctiv și vase de sînge), dispuse în lungimea osului, paralele între ele și legate în numeroase puncte prin anastomoze transversale sau oblice. În jurul canalului Hawers substanța osoasă este dispusă sub forma unor lamele osoase concentrice, în număr variabil de 5—30, iar între lamele sau în grosimea lor se găsesc osteoplastele cu osteocite. Un canal Hawers, împreună cu lamelele din jur, formează *osteonul* sau sistemul haversian (unitatea morfologică și funcțională a osului). Între sistemele hawersiene se găsesc arcuri de lamele osoase, resturi de osteoane rezultate din procesele de remaniere osoasă, numite *sisteme interhawersiene*. Fibrele colagene din interiorul unei lamele sînt paralele între ele și au o direcție spiralată. Direcția fibrelor dintr-o lamelă se încrucișează cu direcția fibrelor din lamelele alăturate, formînd o armătură ce contribuie la realizarea rezistenței osului.

În osul compact mai există o serie de canale neînconjurate de lamele osoase, care perforează osul dinspre periost spre profunzime, numite canale Wolkmann, prin care trec vase și nervi de la periost în interiorul osului (fig. 9).

Țesutul osos spongios se găsește în epifizele oaselor lungi și în interiorul oaselor late și scurte. Este format din lamele osoase (trabecule) care, la rîndul lor, sînt alcătuite din una sau mai multe lamele, delimitîndu-se niște cavități de aspect și mărimi diferite, numite *areole* (dau aspectul spongios, buretos). Areolele comunică între ele și conțin măduvă hematogenă. Areolele și lamelele osoase sînt sisteme hawersiene incomplete. Dispoziția trabeculelor osului spongios prezintă o anumită arhitectonică, determinată de acțiunea factorilor funcționali, mecanici și biologici asupra osului.

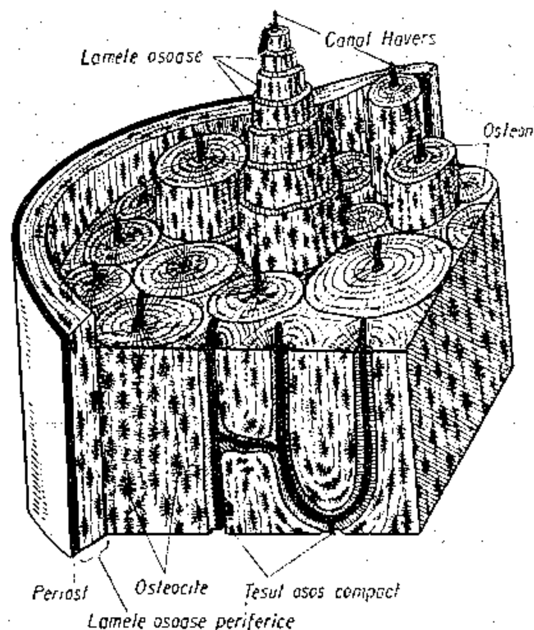


Fig. 9. Ţesut osos compact.

III. ŢESUTUL MUSCULAR

Ţesuturile musculare sînt adaptate funcţiei de contracţie. Celula sau fibra musculară prezintă unul sau mai mulţi nuclei, după tipul de ţesut muscular, o membrană celulară numită *sarcolemă* şi citoplasmă denumită *sarcoplasmă,* în interiorul căreia se găsesc organitele celulare comune şi organitele specifice (contractile) — *miofibrilele* — apărute în urma diferenţierii şi adaptării celulei la funcţia de contracţie.

După particularităţile miofibrilelor, ţesuturile musculare se împart în trei tipuri: *ţesut muscular neted,* în care miofibrilele sînt omogene şi se contractă involuntar; *ţesut muscular striat,* cu miofibrile heterogene, de aspect striat, care se contractă voluntar; *ţesut muscular cardiac,* în care miofibrilele sînt striate dar ţesutul se contractă involuntar.

1. ŢESUTUL MUSCULAR NETED

Fibra musculară netedă este unitatea morfofuncţională a ţesutului muscular neted. El intră în constituţia păturii musculare a tubului digestiv, a conductelor aparatului respirator, urogenital, glandelor excretorii, în tunica musculară a vaselor, în anexele unor organe de simţ (piele, ochi), în capsulele unor organe (splină, suprarenală). Fibrele sînt aşezate în straturi, benzi sau răspîndite izolat în ţesutul conjunctiv. Fibrele sînt paralele între ele şi porţiunea îngroşată a unei fibre vine în raport cu extremităţile efilate ale fibrelor învecinate.

Fibra musculară netedă, de aspect fuziform, are o lungime cuprinsă între 10—100 μ. Este formată din sarcolemă, sarcoplasmă şi un nucleu situat central, de formă alungită.

— Sarcolema (plasmalema), groasă de 100 Å, prezintă numeroase invaginări din care se formează vezicule pinocitare, prin intermediul cărora sînt transportate în celulă, substanţe trofice şi activatori ai procesului contractil.

— *Sarcoplasma* este omogenă sau fin granulată, mai abundentă în centrul fibrei. Conţine organitele comune, incluziuni celulare şi organite specifice — miofibrilele.

— *Miofibrilele* — organite specializate pentru contracţie, ocupă cea mai mare parte din sarcoplasmă. Au o formă alungită şi se întind de la un capăt la altul al fi-

brei, mai groase la periferia fibrei (1 micron) și extrem de subțiri spre centrul fibrei (0,2 microni). Miofibrilele au o structură complexă, fiind alcătuite din miofilamente de 40—150 Å, sînt omogene (fără striații transversale) ce, din punct de vedere biochimic, sînt formate din proteine contractile (actină, miozină) și reglatoare (tropomiozină și troponină).

Inervația este asigurată de sistemul nervos vegetativ simpatic și parasimpatic.

Fibrele musculare conțin substanțe organice, reprezentate prin glucide, lipide, proteine, precum și enzime legate de funcția contractilă, cum sînt: adenozintrifosfataza (ATP-aza), fosforilaza, enzimele ciclului Krebs.

2. ȚESUTUL MUSCULAR STRIAT

Țesutul muscular striat este alcătuit din fibre care intră în constituția mușchilor scheletici (40% din greutatea corpului), iar la nivelul viscerelor le întîlnim în musculatura limbii, faringelui, a porțiunii superioare a esofagului și în a unor sfinctere. Fibra musculară striată are o formă cilindrică sau prismatică, cu extremitățile rotunjite sau ramificate (mușchii feței și ai limbii). Sînt elemente multinucleate, plasmoidale, alcătuite dintr-o masă citoplasmatică unică, cu zeci sau sute de nuclei, de formă ovoidă, situați periferic, imediat sub sarcolemă. Lungimea fibrei este cuprinsă între 3—12 cm și grosimea, 20—100μ.

Fibra striată este alcătuită din membrană — sarcolemă —, citoplasmă — sarcoplasmă — și numeroși nuclei (fig. 10).

— *Sarcolema*, examinată la microscopul electronic, prezintă două porțiuni distincte: sarcolemă propriu-zisă și membrana bazală. Sarcolema propriu-zisă are rolul de a propaga excitația de-a lungul fibrei musculare (are structura generală a plasmolemei). Membrana bazală, formată din proteine colagenice, are rolul de a menține forma fibrei musculare în limite normale.

— *Sarcoplasma* este acidofilă, cu aspect fluid în centrul fibrei, mai densă și mai abundentă la periferia fibrei musculare. Conține organite comune, diferite incluziuni și numeroase miofibrile. Mitocondriile (sarcozomii) sînt situate în sarcoplasma perinucleară și interfibrilară. Conțin o mare cantitate de mioglobină (pigment asemănător hemoglobinei), cu rol de transportor și rezervor de oxigen, și un bogat echipament enzimatic. Reticulul sarcoplasmatic este foarte dezvoltat și este reprezentat printr-o rețea de tubuli ce înconjură fiecare miofibrilă (direcție longitudinală în fibră). Această rețea se numește *sistem sarcoplasmatic longitudinal* sau *sistemul L*. În fibra striată există și un al doilea sistem de tubuli, numit *sistemul transvers* sau sistemul T (tubuli așezați perpendicular pe sistemul longitudinal, reprezintă învaginări ale sarcolemei în dreptul membranei Z). În dreptul fiecărei miofibrile, sistemul T întîlnește și vine în contact cu sacii terminali ai reticulului sarcoplasmatic longitudinal, alcătuind împreună o „triadă“ (2 saci terminali ai sistemului L și un tub al

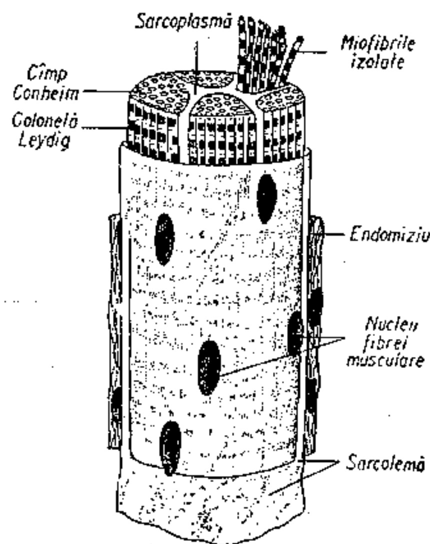


Fig. 10. Țesut muscular striat.

sistemului L). Reticulul sarcoplasmatic, în totalitate, dar mai ales sistemul L, are rol important în contracție (datorită prezenței unei mari cantități de ioni de Ca se realizează cuplarea excitației cu contracția).

Elementele cele mai importante cuprinse în sarcoplasmă sînt *miofibrilele* (elementele contractile). Au un diametru de 0,2—2 μ, sînt paralele cu lungimea fibrei musculare, grupate în fascicule ce cuprind 30—50 miofibrile — *colonetele Leydig*, înconjurate de sarcoplasmă. Miofibrilele au un aspect heterogen, de-a lungul lor observîndu-se (microscopic) o alternanță de benzi clare și întunecate care, fiind situate la același nivel în toate miofibrilele, dau aspectul de striațiune transversală, specifică fibrei musculare striate. Benzile (discurile) clare sînt *izotrope* (monorefringente — nu polarizează lumina), denumite benzi I; ele sînt străbătute de o membrană subțire numită *membrana Z* sau stria Amici. Discurile (benzile) întunecate sînt *anizotrope* (birefringente — polarizează parțial lumina), denumite discuri sau benzi A — și sînt străbătute de o zonă clară — *stria Hensen* (zona H) prin care trece o membrană fină numită membrana M. Segmentul cuprins între două membrane Z se numește *sarcomer* (căsuță musculară Krause), cu o lungime de 2,5—3 μ. Sarcomerul reprezintă unitatea morfofuncțională a fibrei striate și este alcătuit din: 1/2 disc clar, 1 disc întunecat cu zona H și membrana M, 1/2 disc clar.

Prin microscopia electronică s-a stabilit că miofibrilele sînt constituite din numeroase fibrile elementare numite *miofilamente* (50—150 Å), ce constituie unitatea ultrastructurală și funcțională a miofibrilei. Miofilamentele sînt de două tipuri: miofilamente groase de 100 Å și lungi de 1,5 microni, cuprinse în discul întunecat, formate din miozină; miofilamente subțiri de 50 Å, formate din actină, tropomiozină și troponină, se întind de la membrana Z în toată banda luminoasă, trec și se intercalează și printre miofilamentele groase din banda întunecată, oprindu-se la stria Hensen. În banda A, cele două tipuri de miofilamente au o așezare precisă, într-un aranjament hexagonal cu un miofilament gros în centru, înconjurat de șase miofilamente subțiri (situate în unghiurile hexagonului).

Fibrele musculare striate se grupează în fascicule de 20—30 fibre denumite *fascicule primare*, înconjurate de o teacă conjunctivă denumită *endomisium*. Fasciculele primare (4—5) se grupează în *fascicule secundare*, delimitate de țesut conjunctiv cu fibre elastice — denumit *perimisium*. Acestea se grupează în fascicule terțiare, cuaternare — ce formează, de fapt, mușchiul și care este învelit de *epimisium*.

Vascularizația este foarte bogată, asigurînd procesele metabolice intense din timpul contracției.

Mușchii striați au o *inervație* motorie (placa motorie) și senzitivă (fibre aferente, asociate cu fascicule neuromusculare).

3. ȚESUTUL MUSCULAR STRIAT DE TIP CARDIAC (MIOCARDUL)

Miocardul este constituit din fibre musculare cu structură asemănătoare fibrelor musculare striate (miofibrilele prezintă alternanță de benzi clare și întunecoase) și cu fibrele musculare netede prin poziția centrală a nucleului. Celulele musculare individualizate, alungite și ramificate, vin în contact unele cu altele la nivelul unor benzi, numite *discuri intercalare* (striile scalariforme) ce reprezintă joncțiuni intercelulare specializate.

Fibrele musculare cardiace sînt acoperite de o teacă conjunctivă cu fibre de reticulină, și sînt dispuse în rețea,

în ochiurile căreia se află țesutul conjunctiv lax, vase și fibre nervoase vegetative (formează împreună cu sarcolema joncțiunea neuromusculară — sinapsa).

Fibra cardiacă are un diametru și o lungime mai mică decît fibra striată, iar capetele sînt de obicei ramificate. Sarcoplasma este mai abundentă la periferie și în jurul nucleului și mai săracă între miofibrile. Mitocondriile sînt mai numeroase decît în fibrele striate și netede, fiind așezate între miofibrile sub forma unor coloane (datorită activității contractile permanente). Miofibrilele prezintă aceleași caractere morfologice și structurale ca la fibra striată de tip scheletic, fiind însă mai groase.

Pe lîngă acest miocard de tip contractil există și *țesutul nodal* (miocardul specific), care determină contracția ritmică și automată a inimii, stabilind o legătură anatomică și funcțională între atrii și ventricule (nodulul sinoatrial, atrioventricular, fasciculul Hiss și rețeaua Purkinje).

Țesutul nodal este format din fibre musculare cardiace, cu caracter embrionar, de forme variate, dispuse în noduli, rețele și cordoane. Celulele sînt bogate în sarcoplasmă ce conține mult glicogen, 1—2 nuclei, mitocondriile sînt rare, iar reticulul endoplasmatic redus. Miofibrilele, în număr redus, sînt mai subțiri, dispuse longitudinal sau transversal, trec de la o celulă la alta, formînd o rețea prin care excitația se transmite în toate direcțiile la fibrele miocardului contractil, cu care se continuă.

IV. ȚESUTUL NERVOS

Țesutul nervos este constituit din celule nervoase (neuroni) cu prelungirile lor și din celule nevroglice. Embriologic, derivă din ectoderm. Neuronii sînt elemente înalt diferențiate morfologic și funcțional și, împreună cu fibrele nervoase, formează țesutul nervos propriu-zis. Nevrogliile, structuri cu rol de susținere și de protecție, realizează elementele sistemului de susținere.

1. Neuronul este format din corpul celular (pericarionul) și una sau mai multe prelungiri, care sînt de două tipuri:

— *dendritele*, prelungiri celulipete (majoritatea neuronilor au mai multe dendrite) și *axonul* care, funcțional, este celulifug, prelungire unică a neuronului.

Ca formă și dimensiuni, neuronii sînt foarte diferiți — de la neuroni mici, de 4—6 μ (stratul granular din cerebel) pînă la neuroni giganți, 130 μ (celulele piramidale Betz din cortexul cerebral).

Forma neuronilor este variabilă: stelată (coarnele anterioare ale măduvei), sferică sau ovalară (în ganglionii spinali), piramidală (zonele motorii ale scoarței cerebrale) și fuziformă (în stratul profund al scoarței cerebrale).

În funcție de numărul prelungirilor, neuronii pot fi:
— *unipolari* (celulele cu conuri și bastonașe din retină); au aspect globulos, cu o singură prelungire;
— *pseudounipolari*, se află în ganglionul spinal, au o prelungire care se divide în „T"; dendrita se distribuie la periferie iar axonul, în SNC;
— *bipolari*, de formă rotundă, ovală sau fusiformă, cele 2 prelungiri pornind din polii opuși ai celulei (neuronii din ganglionul spiral, Corti, ganglionul vestibular, Scarpa, în retină, în mucoasa olfactivă);
— *multipolari*, au o formă stelată, piramidală sau piriformă și prezintă numeroase prelungiri dendritice și un axon (scoarța cerebrală, cerebeloasă, măduva spinării (cornul anterior).

După *funcție*, neuronii pot fi: *receptori*, prin dendritele lor recepționează excitanții din mediul exterior sau din interiorul organismului (pot fi somatosenzitivi și viscerosenzitivi), *motori*, ai căror axoni sînt în legătură cu

organele efectoare (somatomotori și visceromotori), *intercalari* (de asociație) care fac legătura între neuronii senzitivi și motori.

Organizarea structurală

Corpul neuronului este format din *neurilemă* (membrana plasmatică), *neuroplasmă* (citoplasmă) și *nucleu*.

— **Neurilema** celulei nervoase este subțire, delimitează neuronul și are o structură lipoproteică.

— **Neuroplasma** are constituția coloidală a unui gel, ceva mai dens decît a celorlalte celule ale organismului, datorită unor componente celulare specifice — *neurofibrilele*. Neuroplasma conține organitele celulare generale, dezvoltate, și incluziuni pigmentare. Organitele specifice sînt: *substanța tigroidă* (corpii Nissl) și *neurofibrilele*.

La microscopul electronic, *corpii Nissl* apar sub formă de agregate, de sisteme membranoase de tip rugos, sub formă de vezicule și cisterne și numeroși ribozomi, fiind omologați cu reticulul endoplasmatic rugos. Se găsesc și în dendrite, niciodată în axon, avînd rol în metabolismul neuronului.

Neurofibrilele sînt formațiuni ce se găsesc în neuroplasmă și prelungiri. Ele formează pachete cu dispunere periferică ectoplasmatică sau perinucleară, mai strînse în axon și mai laxe în dendrite. Apar la microscopul electronic constituite din fascicule de elemente fine de 60—100 Å (neurofilamente). Au rol mecanic, de susținere și în conducerea influxului nervos.

— **Nucleul.** Celulele nervoase motorii, senzitive și de asociație, au un nucleu unic, cu 1—2 nucleoli. Celulele vegetative centrale sau periferice prezintă deseori un nucleu excentric. Aceste celule pot avea nuclei dubli sau multipli.

Prelungirile neuronului sînt: *axonul*, prelungire unică și una sau mai multe *dentrite*.

Dendritele, în porțiunea lor inițială, sînt mai groase, apoi se subțiază. În ele se găsesc neurofibrile și corpii Nissl. Ele recepționează influxul nervos și îl conduc spre corpul neuronului, celulipet.

Axonul este o prelungire unică, lungă (uneori 1 m) și mai groasă. Este format dintr-o citoplasmă specializată, numită *axoplasmă*, în care se găsesc: mitocondrii, vezicule ale reticulului endoplasmatic, neurofibrile. Membrana ce acoperă axoplasma se numește *axolemă*, cu rol important în propagarea influxului nervos. De-a lungul traseului său, axonul emite colaterale perpendiculare pe direcția sa, iar în porțiunea terminală se ramifică; ultimele ramificații sînt butonate (butoni terminali) și conțin mici vezicule pline cu *mediator chimic* ce înlesnește transmiterea influxului nervos la nivelul sinapselor. Axonul conduce influxul nervos celulifug. Peste axolemă se găsesc, la majoritatea neuronilor, trei teci:

— *Teaca de mielină* — formată din lipide și proteine, învelește ca un manșon fasciculul de neurofibrile. Ea este întreruptă la intervale de 80—600 μ, aceste întreruperi numindu-se *nodurile* sau *strangulațiile lui Ranvier*, care individualizează o serie de segmente — *segmentele internodale*, de lungimi egale pe fibre de același diametru. Teaca de mielină conferă culoarea albă a maselor de fibre nervoase concentrate în sistemul nervos central (encefal, măduva spinării). Axonii neuronilor din sistemul nervos vegetativ nu au teacă de mielină, fibrele numindu-se *amielinice*.

— *Teaca Schwann* se dispune în jurul tecii de mielină, fiind formată din celule gliale (nevroglii). Fiecărui segment internodal de mielină dintre două strangulații Ranvier îi corespunde o singură celulă Schwann. Nucleul acestor celule este situat la mijlocul segmentului, citoplasma în cantitate redusă, conține mitocondrii, un aparat

Golgi şi granule de ribozomi. Celulele Schwann au rol în formarea tecii de mielină. Mielina este constituită din straturi concentrice, generate din membranele celulelor Schwann, în timpul dezvoltării ţesutului nervos. Are rol de protecţie şi trofic.

— *Teaca Henlé* (teaca endoneurală) separă membrana plasmatică a celulei Schwann de ţesutul conjunctiv din jurul fibrei nervoase. Este o teacă continuă care, ca şi teaca Schwann, însoţeşte axonul pînă aproape de ultimele sale ramificaţii. Este formată din substanţă fundamentală şi fibre conjunctive elastice, dispuse în reţea. Are rol în permeabilitate şi rezistenţă.

2. NEVROGLIA

Celulele nevroglice (gliale) formează cel de-al doilea tip celular al ţesutului nervos. La mamiferele superioare, numărul lor depăşeşte de 10 ori numărul neuronilor. Sînt tot de origine ectodermică (microglia este mezodermică). Forma şi dimensiunile corpului celular pot fi diferite, iar prelungirile, variabile ca număr.

Se descriu mai multe tipuri de nevroglii:

— *Nevroglia fibroasă* are ramificaţii lungi şi se găseşte mai ales în substanţa albă a S.N.C. Are rol trofic şi de cicatrizare a ţesutului nervos.

— *Oligodendroglia* are prelungiri mai puţine, mai scurte şi cu îngroşări punctiforme. Se găseşte în substanţa albă şi cenuşie a sistemului nervos. Are rol de sintetizare din teaca mielinică a fibrelor nervoase centrale.

— *Microglia* are dimensiuni mici, prelungirile sînt bogat ramificate. Se găseşte în substanţa cenuşie, în jurul neuronilor din S.N.C. Celula se poate mobiliza. Funcţia ei principală este de fagocitoză.

Celulele tecii Schwann reprezintă nevroglia sistemului nervos periferic. Au rol important în formarea tecii de mielină, fiind implicate în acest proces atît din punct de vedere mecanic, cît şi biochimic.

În concluzie, nevrogliile sînt celule care se divid intens (sînt singurele elemente ale ţesutului nervos care dau naştere tumorilor din S.N.C.), nu conţin neurofibrile şi nici corpi Nissl. Nevrogliile au rol de protecţie, trofic, în fenomenele de cicatrizare ale ţesutului nervos, rol fagocitar şi în sinteza tecii de mielină.

V. SÎNGELE

Sîngele este un ţesut fluid care circulă în interiorul arborelui cardiovascular. Împreună cu limfa şi lichidul intercelular, sîngele constituie *mediul intern al organismului.*

Între mediul intern şi celule există un schimb permanent de substanţă şi energie; substanţele necesare menţinerii activităţii celulare (O_2, glucide, acizi graşi, aminoacizi, vitamine etc.) trec din sînge în celulă iar produşii nefolositori sau toxici, rezultaţi din procesele catabolice (CO_2, acizi nevolatili, uree, acid uric, amoniac etc.) sînt eliminaţi în lichidul extracelular, fig. 11).

Conţinutul mediului intern, atît în factori nutritivi cît şi în produşi de catabolism se menţine constant, datorită circulaţiei permanente a sîngelui. Acesta aduce substanţele folositoare pînă la intimitatea celulelor, refăcînd mereu rezervele metabolice, iar de aici îndepărtează produşii de catabolism pe care-i transportă spre organele de eliminare.

VOLUMUL SANGVIN (volemia). Cantitatea totală de sînge din organism reprezintă 7% din greutatea corpului. Aceasta înseamnă 5 litri sînge pentru un individ de 70 kg. Volemia variază în condiţii fiziologice în funcţie de sex (este mai mare la bărbaţi), vîrstă (scade cu înaintarea în

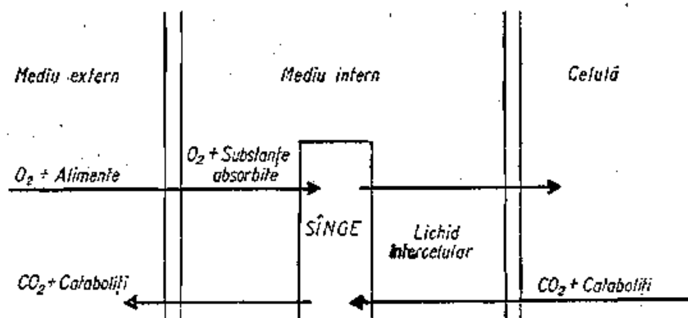


Fig. 11. Rolul sîngelui în schimbul dintre organism — mediu.

vîrstă), mediul geografic (este mai mare la locuitorii podișurilor înalte (Alpi, Tibet, Anzi) etc. În repaus, o parte din masa sangvină a corpului stagnează în teritorii venoase și capilare din ficat, splină și țesutul subcutanat. Acesta este **volumul sangvin stagnant sau de rezervă,** în cantitate de 2 litri. Restul de 3 litri reprezintă **volumul sangvin circulant.** Raportul dintre volumul circulant și volumul stagnant nu este fix ci variază în funcție de condițiile de existență. În cursul efortului fizic sau termoreglator, are loc mobilizarea sîngelui de rezervă, crește volumul circulant. Mobilizarea depozitelor de sînge se realizează sub acțiunea S.N. simpatic, care determină contracția musculaturii netede din pereții vaselor. Astfel se asigură aprovizionarea optimă cu oxigen și energie a organelor active.

PROPRIETĂȚILE SÎNGELUI

Culoarea. Sîngele are culoare roșie. Aceasta se datorește, hemoglobinei din eritocite. Culoarea sîngelui poate varia în condiții fiziologice sau patologice. Sîngele recoltat din artere *(sînge arterial)* este de culoare roșu-deschis (datorită oxihemoglobinei) iar sîngele recoltat din vene *(sînge venos)* are culoare roșu-închis (datorită hemoglobinei reduse). Cînd cantitatea de hemoglobină din sînge scade, culoarea devine roșu-palid.

Densitatea. Sîngele este mai greu decît apa. Greutatea specifică a sîngelui are valoarea 1 055 față de cea a apei distilate. Plasma sangvină are o densitate de 1 025. Această proprietate a sîngelui depinde de componentele sale și în special de hematii și proteine.

Viscozitatea. Valoarea relativă a viscozității sîngelui este 4,5 față de viscozitatea apei considerată egală cu 1. Viscozitatea asigură scurgerea laminară (în straturi) a sîngelui prin vase. Creșterea viscozității peste anumite valori este un factor de îngreunare a circulației.

Presiunea osmotică. Toate moleculele dizolvate în plasmă produc o presiune osmotică foarte mare (peste 5 000 mmHg). Presiunea osmotică a proteinelor plasmei este de numai 25 mmHg și se numește presiune *coloid-osmotică* sau *oncotică.* Deoarece presiunea osmotică a lichidelor intercelulare este egală cu cea a plasmei, unica forță de atracție a apei din interstiții spre sînge o reprezintă presiunea oncotică a proteinelor plasmei. Ea joacă rol esențial în schimburile de la nivelul capilarelor.

Reacția sîngelui este slab alcalină. Ea se exprimă în unități *p*H. *p*H-ul este logaritmul cu semn schimbat al concentrației ionilor de hidrogen dintr-o soluție apoasă (*p*H=—log. CH). Cînd concentrația ionilor de hidrogen (H^+) dintr-o soluție este egală cu a ionilor hidroxil (HO^-), soluția este neutră iar *p*H-ul are valoarea 7. Toate valorile mai mari de 7 reprezintă reacție alcalină, iar mai mici de 7, reacție acidă. *p*H-ul sangvin se menține constant în jurul valorii de 7,35, datorită existenței unor mecanisme *fizico-chimice* și *biologice de reglare.* Dintre mecanismele fizico-chimice fac parte sistemele-tampon, iar dintre me-

canismele biologice plămînul, rinichiul, ficatul și hematia.

Sistemele tampon intervin prompt în neutralizarea acizilor sau bazelor apărute în exces în mediul intern. Ele se consumă în timpul tamponării. Mecanismele biologice intervin mai tardiv și duc atît la îndepărtarea acizilor sau bazelor cît și la refacerea sistemelor tampon.

Temperatura. La om și la animalele cu sînge cald (homeoterme) temperatura sîngelui variază între 35°C (în sîngele din vasele pielii) și 39°C (în sîngele din organele abdominale). Deplasarea continuă a sîngelui prin organism contribuie la uniformizarea temperaturii corpului și ajută la transportul căldurii din viscere spre tegumente unde are loc eliminarea acesteia prin iradiere. Sîngele astfel „răcit" se reîntoarce la organele profunde unde se reîncarcă cu căldură și așa mai departe.

COMPONENTELE SÎNGELUI

Tratînd sîngele cu oxalat de sodiu 1%, nu mai coagulează.

Prin centrifugarea unei eprubete cu sînge incoagulabil timp de 15′ la 3 000 t/minut se produce separarea sîngelui în două componente:

— **Elementele figurate ale sîngelui,** situate la fundul eprubetei, se prezintă ca un lichid foarte vîscos, de culoare roșie-închisă;

— **Plasma sangvină,** situată deasupra, este un lichid mai puțin vîscos, transparent, de culoare galben-citrin.

— Elementele figurate ale sîngelui reprezintă 45% din volumul sangvin. Această valoare poartă numele de *hematocrit* sau volum globular procentual. Hematocritul variază cu sexul (mai mic la femei), cu vîrsta (scade cu vîrsta) sau în funcție de factori de mediu ambiant (căldura provocînd transpirație duce la scăderea apei din sînge și creșterea valorilor hematocritului) etc.

Prin examenul microscopic al sîngelui se observă trei tipuri de elemente figurate:

— globulele roșii (hematii sau eritrocite);
— globulele albe (leucocitele);
— plachetele sangvine (trombocitele).

Pentru a studia elementele figurate se face un frotiu de sînge proaspăt. Se dezinfectează cu alcool pulpa degetului arătător și se înțeapă cu un ac sterilizat. În momentul cînd apare o picătură de sînge, aceasta se aplică pe o lamelă și se întinde în strat subțire cu o altă lamelă de sticlă. După uscare, frotiul se examinează la microscop. Frotiul poate fi conservat prin fixare în amestec de alcool-eter, în părți egale.

ERITROCITELE (hematiile) sînt celule fără nucleu, bogate în hemoglobină, un pigment de culoare roșie, cu rol în transportul O_2 și CO_2. *Numărul* lor este considerabil: un mm^3 de sînge conține 4 500 000 hematii la femeie și 5 000 000 la bărbat. La copilul mic numărul eritrocitelor este și mai mare (5 500 000—6 000 000/mm^3), iar la locuitorii podișurilor înalte se înregistrează cifre de 8 000 000 globule roșii la 1 mm^3. Numărul hematiilor poate crește temporar prin golirea rezervelor de sînge (mai bogate în hematii ca sîngele circulant). Creșteri de lungă durată sînt poliglobulia de altitudine și poliglobulia unor bolnavi de plămîni sau cu defecte congenitale ale inimii. Scăderea numărului este consecința unei distrugeri exagerate sau a unei eritropoieze deficitare.

Forma și structura hematiilor reprezintă adaptări morfologice la funcția de transport a gazelor. Privite din față, hematiile apar ca discuri rotunde sau ușor ovalare cu centrul, de culoare mai deschisă și periferia mai intens colorată galben-auriu. Acest aspect se datorește variației grosimii hematiei care la centru măsoară 1,5 iar la periferie, 2,5 μ. Din această cauză, privită din profil, he-

matia se prezintă ca o halteră, imagine ce sugerează forma de disc biconcav a eritrocitului.

Lipsa nucleului permite o mai mare încărcare cu Hb. Suprafața totală a hematiilor este de 4 000 m^2 (de 2 000 ori mai mare ca suprafața corpului). Datorită formei lor, prezintă o rezistență mare la deformare.

Diametrul mediu al hematiei este de 7,5 μ. Pot fi întîlnite și hematii cu diametre mai mici de 7 μ (microcite) sau mai mari de 8 μ (macrocite).

În structura hematiei se distinge o membrană lipoproteică, cu încărcătură electrică negativă la exterior și permeabilitate selectivă (foarte permeabilă pentru apă și anionii Cl^-, HCO_3^- și slab permeabilă față de cationii Na^+, K^+ etc.). În compoziția chimică a membranei se găsesc enzime ce favorizează transportul activ al substanțelor. În interiorul hematiei se află o cantitate mare de hemoglobină (Hb). Hematia nu conține organite celulare, nu este capabilă de sinteză proteică iar metabolismul său este foarte redus și, ca atare, hematia consumă foarte puțin oxigen.

Dacă suspendăm hematiile într-un mediu apos hipoton (cu o presiune osmotică mai mică decît a plasmei) se produce o „umflare" a lor, urmată de ieșirea Hb în soluție, fenomen denumit hemoliză osmotică. *Hemoglobina* este principalul component al hematiei. Este o cromoproteină, alcătuită din două componente: o proteină, numită *globină* și o grupare neproteică numită *hem*. Globina este constituită prin asocierea a patru lanțuri polipeptidice. De fiecare lanț polipeptidic se leagă cîte o moleculă de hem. Datorită prezenței Fe în molecula sa, hemul poate lega labil oxigenul (fig. 12). Reacția de fixare a O_2 la Hb nu este o oxidare propriu-zisă (deoarece ea nu duce la creșterea valenței Fe) ci o reacție de oxigenare, de legare reversibilă a unei molecule de oxigen la fierul bivalent. În urma acestei reacții rezultă *oxihemoglobina* (HbO_2) care reprezintă forma principală de transport a O_2 prin sînge. Atunci cînd este saturată (oxigenată) complet, o moleculă de Hb poate transporta 4 molecule de O_2. O singură hematie conține cam 300 000 000 molecule Hb. Exprimată în grame, Hb reprezintă 16 g la o sută de ml sînge. Fiecare gram de Hb poate transporta 1,34 ml O_2, deci fiecare sută de ml sînge transportă 20 ml O_2. În lipsa Hb, capacitatea de transport a sîngelui pentru oxigen scade mult; 100 ml plasmă transportă doar 0,2 ml O_2.

În afară de forma oxigenată și cea redusă Hb poate da compuși stabili cu oxidul de carbon (CO Hb) denumiți *carboxihemoglobină* iar sub acțiunea oxidanților apare derivatul de Hb cu Fe trivalent, denumit *methemoglobină*. Aceștia sînt derivați patologici ai Hb; ei nu mai îndeplinesc funcția de transport și în cazul creșterii concentrației lor în sînge peste anumite limite se produce insuficienta oxigenare a țesutului (asfixie).

Hemoglobina se poate combina și cu dioxidul de carbon ($HbCO_2$), compus numit *carbohemoglobină* sau carbamatul de hemoglobină. Acesta este un compus fiziologic, ce nu afectează funcția de transport a O_2. $HbCO_2$ reprezintă și una din formele de transport ale CO_2 de la țesuturi la plămîni.

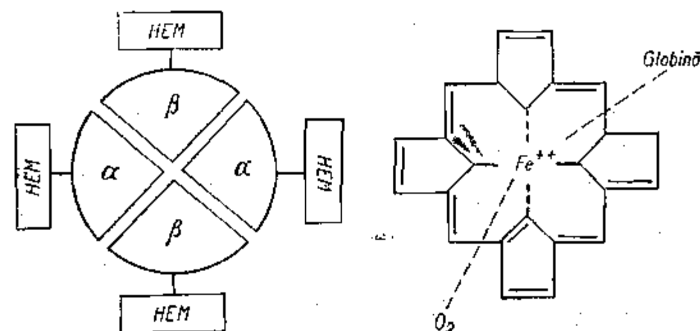


Fig. 12. Schema structurii Hb.

Hematopoieza (fig. 13) este procesul de reînnoire continuă a elementelor figurate ale sîngelui. Există cîte o cale separată pentru fiecare din cele trei tipuri celulare principale (eritropoieza pentru eritrocite, leucopoieza pentru leucocite și trombocitopoieza pentru trombocite) iar la leucocite se descriu căi separate pentru granulocite (granulocitopoieza) și pentru limfocite (limfopoieza).

Toate celulele sangvine au o origine comună: *celula stem pluripotențială din măduva osoasă* (celulă hematoformatoare primitivă).

Eritopoieza (fig. 14). Hematiile circulante reprezintă doar o etapă din viața acestor elemente. Din momentul pătrunderii în circulație și pînă la dispariția lor trec aproximativ 120 zile (durata medie de viață a eritrocitelor). Deși trăiesc relativ puțină vreme, numărul lor rămîne constant. Există un echilibru între procesul de distrugere și cel de formare de noi hematii. Sediul eritropoiezei este măduva roșie a oaselor, sediul distrugerii este splina.

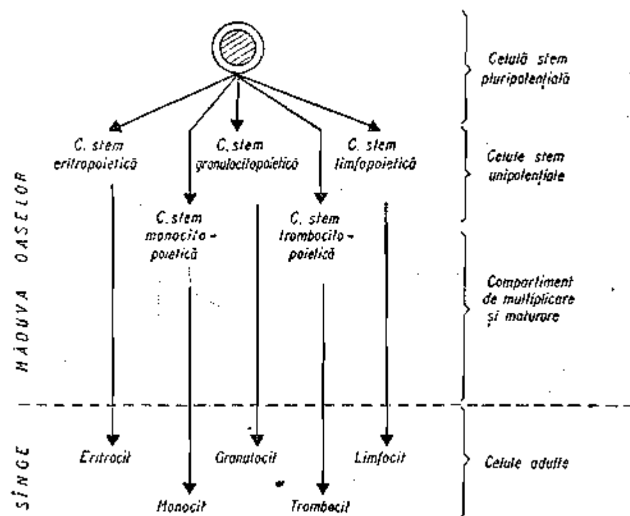


Fig. 13. Schema generală a hematopoiezei.

Un organism adult are cam 1,5 kg măduvă roșie. Cantitatea ei variază în funcție de nevoia de oxigen a organismului. Cînd aceste nevoi sînt reduse, o parte din măduva roșie intră în repaus, celulele se încarcă cu lipide și măduva roșie se transformă în măduvă galbenă. Spre bătrînețe, măduva galbenă suferă un proces de transformare fibroasă și devine măduvă cenușie.

Dacă apar condiții care solicită eritropoieza (efort repetat, viața la altitudine) are loc un proces invers, de transformare a măduvei galbene în măduvă roșie și o sporire corespunzătoare a eritropoiezei. Între măduva roșie

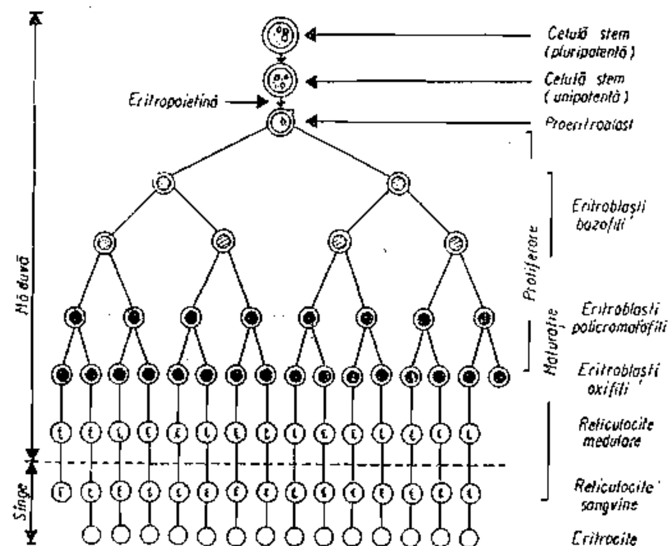


Fig. 14. Schema eritropoiezei.

și cea galbenă există tot timpul vieții un echilibru dinamic, controlat de sistemul reglator neuro-endocrin.

Măduva cenușie nu mai poate fi recuperată pentru hematopoieză.

Reglarea eritropoiezei. Eritropoieza se reglează prin mecanisme neuro-endocrine (fig. 15). Centrii eritropoiezei

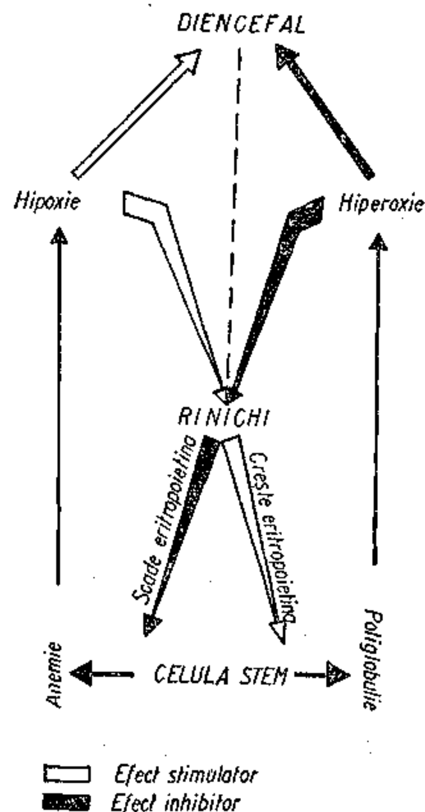


Fig. 15. Reglarea eritropoiezei.

sînt situați în diencefal, iar excitantul principal este scăderea aprovizionării cu oxigen a acestor centri (hipoxia).

Hipoxia acționează și la nivelul rinichiului care secretă, în aceste condiții, un factor eritropoietic. Acesta determină formarea în organism a unui hormon eritropoietic numit eritropoietină ce acționează asupra celulei stem unipotente, eritroformatoare, determinînd creșterea numărului de hematii. Desfășurarea normală a eritropoiezei necesită asigurarea cu substanțe nutritive, vitamine (C, B_6, B_{12}, acid folic) și Fe. În cazul unor deficite de aprovizionare apare anemia, cu toate că sistemul de reglare a eritropoiezei funcționează normal.

Rolul eritrocitelor. Hematiile joacă două roluri esențiale pentru organism:

— în transportul O_2 și CO_2;

— în menținerea echilibrului acido-bazic.

Hemoliza. Hematiile bătrîne și uzate sînt distruse prin hemoliză în splină („cimitirul hematiilor"), ficat, ganglioni limfatici și măduva oaselor.

GLOBULELE ALBE (LEUCOCITELE)

Sînt elemente figurate ale sîngelui ce posedă nucleu. Numărul lor este de 5 000 la un milimetru cub de sînge. Această valoare poate varia în condiții fiziologice sau patologice. Creșterea numărului se numește *leucocitoză,* iar scăderea, *leucopenie.* Numărul elementelor albe poate varia în condiții normale cu 1—3 mii de elemente pe mm^3. Astfel, la copil, se întîlnesc 8—9 mii leucocite/mm^3 iar la bătrîni 3—5 000. În efortul fizic avem leucocitoză iar după un repaus prelungit, leucopenie. Variațiile patologice sînt mult mai mari. În bolile infecțioase microbiene, numărul leucocitelor poate crește între 15 000 și 30 000/mm^3, iar în unele forme de cancer (leucemii), numărul poate depăși cîteva sute de mii la un milimetru cub, încît sîngele capătă o culoare albicioasă (sînge alb).

— **Forma** leucocitelor nu este aceeaşi. Ele nu reprezintă o populaţie celulară omogenă. Există mai multe tipuri, care diferă între ele atît ca origine şi morfologie cît şi în privinţa rolului în organism. Exprimarea lor procentuală se numeşte *formulă leucocitară*. În cadrul acestei formule, deosebim leucocite cu nucleu unic — mononucleare şi cu nucleu fragmentat, polilobat — *polinucleare*.

Mononuclearele reprezintă 32% iar polinuclearele 68% din leucocite. În grupa mononuclearelor se cuprind: *limfocitele*, care reprezintă 25% şi *monocitele*, 7%.

Polinuclearele cuprind trei subgrupe celulare. Aceste celule se mai numesc şi *granulocite*, după granulaţiile ce se observă în citoplasma lor. În funcţie de afinitatea diferită a granulaţiilor faţă de coloranţi, polinuclearele se împart, în: — *polinucleare neutrofile*, întîlnite în proporţie de 65%. Granulaţiile acestora se colorează bine cu coloranţi neutri; se mai numesc polimorfonucleare neutrofile (PMN); — *polinuclearele eozinofile*, în proporţie de 2,5%, au granulaţii ce se colorează cu coloranţi acizi: — *polinuclearele bazofile*, în proporţie de 0,5%, au granulaţii ce se colorează cu coloranţi bazici.

Dimensiunile leucocitelor variază între 6—8 μ pentru limfocitul mic şi 20 μ în diametru pentru monocite şi neutrofile.

Leucocitele prezintă o **structură** celulară completă. Au o membrană cu o plasticitate remarcabilă. Datorită ei leucocitele întind prelungiri citoplasmatice *(pseudopode)*, cu ajutorul cărora devin mobile, se pot deplasa în afara vaselor capilare *(diapedeză)* şi pot îngloba microbi *(microfagocitoză)* sau resturi celulare *(macrofagocitoză)*. Granulaţiile polinuclearelor sînt mici saci şi vezicule pline cu enzime hidrolitice (l i z o z o m i) care participă la digestia corpului fagocitat.

Tot în grupa leucocitelor sangvine se includ şi *plasmocitele*, celule provenite din limfocite, specializate în producţia de anticorpi.

Leucopoieza. *Durata vieţii* leucocitelor variază foarte mult, de la 1—2 zile pentru polinuclearele neutrofile, pînă la cîţiva ani pentru limfocitele dependente de timus (limfocite T).

Sediul leucopoiezei este diferit, în raport cu sistemul celular la care aparţine leucocitul. Astfel, granulocitele şi monocitele sînt produse la nivelul măduvei roşii a oaselor, în timp ce limfopoieza are loc în splină, timus, ganglionii limfatici, plăcile Payer din jejun-ileon.

Granulocitopoieza porneşte tot de la celula stem pluripotentă care se află şi la originea hematiilor. Din aceasta se diferenţiază celula stem unipotentă. Prin procese de diferenţiere şi multiplicare se formează granulocitele şi monocitele mature.

Limfopoieza. Limfocitele derivă din celula stem limfoformatoare, cu sediul în măduva roşie hematogenă. Organismul produce două tipuri de limfocite: l i m f o c i t e l e „T", sau timodependente şi l i m f o c i t e l e „B" sau bursodependente. Primele se dezvoltă sub influenţa timusului iar ultimele, sub influenţa unor structuri echivalente cu bursa lui Fabricius de la păsări (amigdale, apendice).

La adult, măduva roşie produce limfocite B iar ganglionii limfatici şi splina, ambele tipuri.

Reglarea leucopoiezei se face prin mecanisme neuroumorale complexe. Centrii leucopoiezei sînt situaţi în hipotalamus. Activitatea acestor centrii se intensifică atunci cînd în sînge creşte concentraţia acizilor nucleici rezultaţi din distrugerea leucocitelor bătrîne. În cazul pătrunderii în organism a unor agenţi patogeni are loc, de asemenea, o stimulare prin antigene a leucopoiezei, urmată de creşterea peste normal a leucocitelor, fenomen numit *leucocitoză*.

Leucopoieza medulară se poate intensifica atît sub influenţa stimulilor nervoşi plecaţi de la centrii de reglare

cît şi a unor substanţe chimice numite *leucopoietine*. Creşterea numărului de leucocite circulante poate avea loc şi fără o creştere prealabilă a leucopoiezei, numai prin mobilizarea rezervorului medular de leucocite. Acest mecanism asigură un răspuns precoce al organismului faţă de invazia agenţilor străini.

Rolul leucocitelor este complex şi diferit, după tipul lor. Principala funcţie a leucocitelor constă în participarea acestora la reacţia de apărare a organismului.

Polinuclearele neutrofile au rol în fagocitoza agenţilor patogeni. Datorită vitezei de diapedeză şi deplasării rapide prin pseudopode, polinuclearele nu stau în sînge mai mult de cîteva ore. Ele ajung primele la locul infecţiei unde fagocitează microbii, distrugîndu-i. Datorită acestei acţiuni, polinuclearele se mai numesc şi microfage. Numărul lor creşte mult în infecţii acute.

Ieşirea leucocitelor din vas este favorizată de încetinirea scurgerii sîngelui la nivelul focarului inflamator (datorită vasodilataţiei), precum şi alipirii acestora de endoteliul capilar, fenomen denumit *marginaţie*. Marginaţia, diapedeza şi deplasarea prin pseudopode a leucocitelor spre focarul inflamator sînt favorizate de atracţia leucocitelor de către unele substanţe locale, fenomen cunoscut sub denumirea de *chimiotactism pozitiv*. Ajunse în apropierea microbilor, neutrofilele emit pseudopode şi cu ajutorul lor îi înglobează formînd vacuole citoplasmatice numite *fagosomi*. Ulterior, lizozomii neutrofilelor se contopesc cu fagosomul. În interiorul fago-lizozomului, microbul este digerat sub acţiunea enzimelor lizozomale. Cînd leucocitele fagocitează un număr prea mare de microbi, ele suferă efectele toxice ale unor substanţe eliberate de aceştia şi mor.

Amestecul de microbi, leucocite moarte şi lichid exudat din vase, formează *puroiul*.

Eozinofilele au rol în reacţiile alergice. Granulaţiile lor conţin histamină. Numărul lor creşte la bolnavii de astm bronşic, la cei cu viermi intestinali.

Bazofilele au rol în coagularea sîngelui, prin intermediul unei substanţe anticoagulante numită heparină, conţinută în granulaţii. Tot datorită heparinei leucocitele bazofile au rol în metabolismul lipidelor, heparina favorizînd dizolvarea chilomicronilor şi dispersia lor în particule fine ce pot fi mai uşor utilizate de către ţesuturi.

Monocitele sînt leucocite capabile de fagocitoză, atît direct cît şi în urma transformării lor în *macrofage*, proces ce are loc după ieşirea monocitelor din vase în ţesuturi. Monocitele şi macrofagele formează un singur sistem celular care fagocitează atît microbii, cît mai ales resturi celulare (leucocite, hematii etc.) şi prin aceasta contribuie la curăţirea şi vindecarea focarului inflamator.

Limfocitele au rol considerabil în reacţia de apărare a organismului. Rolul lor este diferit, în funcţie de tipul celular. Limfocitele timodependente (T) sînt specializate în păstrarea îndelungată a *memoriei imunitare*, ele trăiesc mulţi ani şi participă la apărarea specifică prin celule *(imunitatea celulară)*. Limfocitele bursodependente (B), au proprietatea de a se transforma în plasmocite, celule formatoare de anticorpi specifici. Ele au rol în apărarea specifică prin anticorpi *(imunitatea umorală)*. O parte din limfocitele circulante se pierd prin intestin şi plămîn. O altă parte sînt fagocitate.

Limfocitele, indiferent de originea lor, au facultatea de a recunoaşte substanţele sau agenţii străini, de a-i prelua în interiorul lor şi de a „învăţa" şi „memoriza" structura antigenelor. Împreună cu plasmocitele care sintetizează anticorpii, limfocitele alcătuiesc un sistem funcţional unic, *sistemul limfoplasmocitar* al organismului, care, împreună cu macrofagele, formează *sistemul celular al imunităţii*.

În momentul pătrunderii în organism a unor microorganisme (virusuri, microbi), a unor celule sau a unor substanțe străine complexe (antigene) în organismul gazdă se declanșează o serie de modificări ce constituie reacția de apărare a organismului. Apărarea organismului se desfășoară în două etape:

1. Apărarea nespecifică, imediată;
2. Apărarea specifică, tardivă (imunitate).

Ambele etape de apărare se realizează atît cu ajutorul unor celule specializate (leucocitele) cît și al unor substanțe de apărare umorală.

REACȚIA DE APĂRARE NESPECIFICĂ constă din intrarea imediată în acțiune a polinuclearelor neutrofile, urmate de celelalte granulocite, de monocitele macrofage și limfocite. Neutrofilele, care apar primele, sînt denumite „celulele fazei de luptă", în timp ce limfocitele și monocitele care apar mai tîrziu, „celulele fazei de vindecare". Arma cea mai importantă folosită de către organism în această etapă este fagocitoza. Activitatea fagocitară a leucocitelor este favorizată de prezența în sînge a unor substanțe numite *opsonine*, care reduc tensiunea superficială a particulei străine, crescîndu-i astfel adezivitatea față de membrana leucocitului.

REACȚIA DE APĂRARE SPECIFICĂ (IMUNITATEA) se realizează cu ajutorul unor substanțe chimice specifice numite *anticorpi*.

Anticorpii sînt macromolecule proteice, din clasa gamaglobulinelor. Ei sînt imunoglobuline și se notează prescurtat prin „Ig". Există mai multe tipuri de Ig. Aceste substanțe se formează la pătrunderea în organism a unui agent străin numit antigen.

Antigenul este o moleculă cu structură specifică, de natură proteică sau polizaharidică (sau o asociere dintre o proteină și o substanță cu moleculă simplă) care, ajunsă în contact cu o celulă imunitară (sistemul limfoplasmocitar și monocitar) provoacă sinteza de *anticorpi*. Un microorganism este, de obicei, purtătorul mai multor antigene.

Mecanismul apărării antiinfecțioase specifice

Încă în timpul primei faze, limfocitele se adună în jurul macrofagului ce a înglobat antigenul, formînd o grupare celulară numită „insulă imunitară". Aici are loc procesul de recunoaștere a „nonselfului" (antigenul) și de prelucrare inițială a acestuia de către macrofag, urmată de transferul materialului antigenic prelucrat (stimul antigenic) către limfocite care se activează. În cazul că stimulul antigenic pătrunde într-un limfocit „B", are loc transformarea acestuia, în plasmocit, celulă secretoare de anticorpi specifici, față de antigenul dat. Acești anticorpi apar la 2—3 săptămîni de la începutul bolii și conferă organismului starea de imunitate umorală. Dacă stimulul antigenic este captat de limfocitele „T", are loc transformarea acestora în *limfocite (imunocite) cu memorie*. Ele sînt răspunzătoare de reacția de respingere a grefei etc. Totalitatea proceselor care au loc în faza de apărare antiinfecțioasă specifică sînt procese imunitare

IMUNITATEA este o stare de rezistență, de nereceptivitate a organismului față de agenții infecțioși sau substanțe nocive. Ea reprezintă capacitatea de a recunoaște și anihila agenții străini pătrunși în organism.

Imunitatea este de două feluri: **1 — imunitate înnăscută** (rezistență naturală), proprietatea comună indivizilor unei specii animale de a nu se îmbolnăvi de anumite boli infecțioase. Ea este o caracteristică determinată genetic, ce se transmite ereditar; **B — imunitate dobîndită,** realizată de fiecare individ în parte, în funcție de experiența biologică proprie. Sînt mai multe modalități de a dobîndi starea de imunitate: astfel, există *o imunitate dobîndită*

pe cale naturală și *o imunitate dobîndită pe cale artificială*. La rîndul lor fiecare categorie de imunitate dobîndită se poate realiza prin 2 mecanisme diferite, activ și pasiv.

Deosebim *imunitatea dobîndită naturală activă* (rezistență a individului față de o boală de care a suferit deja) și *imunitatea dobîndită naturală pasivă* (starea de rezistență a copilului nou născut față de unele boli pe care le-a avut mama). Copilul se naște cu anticorpii preformați și manifestă, în primele luni de la naștere (pînă ce proteinele anticorpi dispar din sîngele lor) o imunitate naturală dobîndită pasiv. În același mod, imunitatea dobîndită pe cale artificială poate fi activă și pasivă.

Imunitatea artificială activă se poate obține prin *vaccinare*. Vaccinarea este actul prin care se introduce în organism un agent patogen atenuat sau omorît, în scopul de a determina producerea de anticorpi specifici. În urma aplicării în masă a acestui procedeu, au fost eradicate numeroase boli contagioase care altădată provocau epidemii grave. Durata imunității artificiale active este mai scurtă decît a celei naturale. De aceea se recomandă repetarea vaccinării la intervale de 1—7 ani.

Imunitatea artificială pasivă este acea formă de rezistență a organismului care se obține în urma transferului prin injecție, a anticorpilor specifici, de la un organism imun, la un organism pe care vrem să-l protejăm față de o îmbolnăvire iminentă. Anticorpii ce urmează a fi injectați se află în *serul* obținut de la donatori (oameni sau animale). Astfel, prin imunizarea cailor contra bacilului tetanic, în serul acestor animale apar anticorpi antitetanici. Produsul ce se administrează la om se numește *ser antitetanic* și se folosește în profilaxia tetanosului la persoanele ce prezintă plăgi profunde tăiate sau înțepate. Durata imunității artificiale pasive este de numai 2—3 săptămîni, deoarece anticorpii respectivi dispar repede din sînge.

TROMBOCITELE sau plachetele sangvine sînt elemente figurate necelulare ale sîngelui.

Numărul lor variază între 150 000—300 000/mm^3. Creșterea numărului trombocitelor peste 500 000/mm^3 se numește trombocitemie iar scăderea sub 100 000/mm^3, trombocitopenie (trombopenie).

Forma trombocitelor este variabilă: triunghiulară, rotundă, eliptică sau neregulată. **Mărimea** lor este de 3 μ diametru. **În structura** trombocitului nu întîlnim decît puține organite și incluziuni; trombocitele sînt fragmente citoplasmatice și nu celule propriu-zise.

Trombocitopoieza este procesul de reînnoire a trombocitelor sangvine, care asigură stabilitatea numărului acestora. *Sediul* acestui proces este măduva hematogenă a oaselor. Celula de origine a plachetelor sangvine este *megacariocitul,* o celulă cu nucleul mare, polilobat. Durata vieții trombocitelor este 10 zile.

Reglarea trombocitopoiezei se face prin intermediul unor substanțe (trombocitopoietine) care se eliberează atunci cînd numărul trombocitelor circulante scade. Splina are rol în echilibrul dintre formarea și distrugerea plachetelor, atît prin secreția unor substanțe stimulante cît și a unor inhibitori ai megacariopoiezei și trombopoiezei.

Rolul trombocitelor este foarte mare. Trombocitul a fost supranumit „piticul morfologic și gigantul fiziologic" al organismului. Intervin în cursul tuturor timpilor hemostazei, favorizînd mecanismele de oprire a sîngerării. Funcțiile hemostatice ale T, sînt îndeplinite datorită proprietăților funcționale specifice acestor elemente, ca:

— adezivitatea — proprietatea T de a adera de suprafețele lezate;

— aglutinarea — proprietatea T de a forma între ele conglomerate;

— metamorfoza vîscoasă — proprietatea T de a se autoliza;

— funcția de eliberare a factorilor trombocitari și a unor substanțe active (histamină, serotonină, ADP) transportate de trombocite.

Datorită acestor proprietăți, trombocitele intervin în timpul vasculo-plachetar al hemostazei (hemostaza primară), aderînd la suprafața lezată a endoteliului și formînd cheagul alb trombocitar. În timpul 2 al hemostazei (coagularea sîngelui), trombocitele participă prin mai mulți factori dintre care cel mai important este factorul 3 fosfolipidic plachetar; în timpul 3 al hemostazei (timpul trombodinamic) trombocitele intervin în retracția cheagului prin proteina enzimă contractilă pe care o eliberează (trombostenina). În cazul unor deficite trombocitare cantitative (trombocitopenii) sau calitative (trombastenii) se produc tulburări ale hemostazei numite p u r p u r e t r o m b o c i t a r e.

PLASMA SANGVINĂ

După îndepărtarea elementelor figurate ale sîngelui, rămîne un lichid vîscos, gălbui, numit plasmă. Plasma reprezintă 55% din sînge.

PROPRIETĂȚILE plasmei sînt similare cu ale sîngelui, diferă doar valorile.

COMPOZIȚIA plasmei sangvine este foarte heterogenă (fig. 16).

Rolul proteinelor plasmatice

1. *Albuminele* au rol de transport al unor substanțe minerale (Cu, Ca, Fe), hormoni, pigmenți biliari, precum și rol în presiunea coloid-osmotică a sîngelui. Scăderea albuminelor compromite schimburile de la nivelul capilarelor.

2. *Globulinele* au rol în transportul substanțelor prin sînge, în coagularea acestuia și contribuie, alături de albumine, la presiunea oncotică. Gamaglobulinele, numite și imunoglobuline (Ig), sînt suportul chimic al anticorpilor.

3. *Fibrinogenul* are rol în coagularea sîngelui, prin trecerea sa din starea solubilă într-o rețea insolubilă numită cheag de fibrină.

Alte roluri ale proteinelor plasmatice: determinarea viscozității și densității plasmei; în reglarea echilibrului

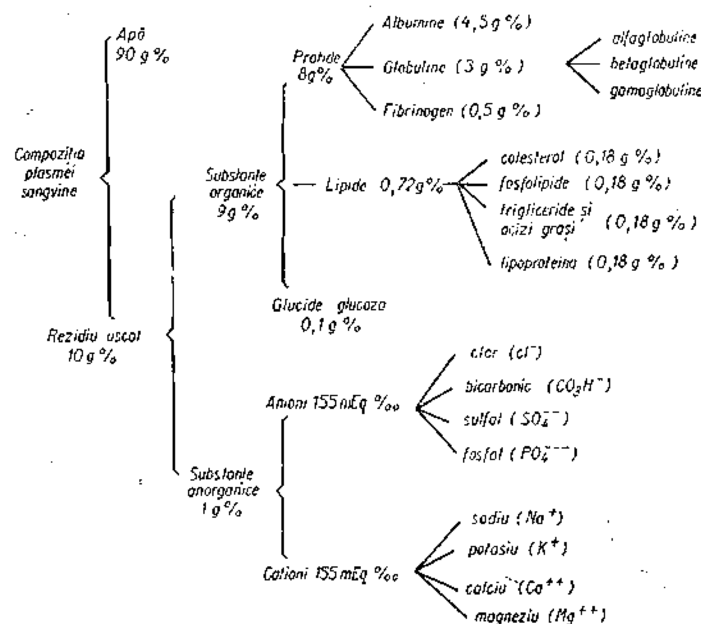


Fig. 16. Compoziția plasmei sangvine.

acido-bazic (proteinele sînt substanțe amfotere, adică au proprietatea de a se comporta atît ca baze cît și ca acizi, în funcție de pH-ul mediului, jucînd rol de sisteme tampon).

4. Plasma conține proteine cu roluri specifice în reglarea funcțiilor (hematopoieza, reglarea tensiunii arteriale etc.).

Substanțele anorganice din plasmă sînt reprezentate de sărurile minerale. Ele se întîlnesc în două forme principale: legate de proteinele plasmei (deci, nedifuzibile) și dizolvate în plasmă (difuzibile).

Activitățile chimice ale anionilor și cationilor plasmei sînt egale între ele și reprezintă în medie, cîte 55 mEq‰.

Dintre cationi, cei mai importanți sînt Na^+, K^+, Ca^+, și Mg^{++}, iar dintre anioni Cl^-, CO_3H^-, SO_4^{--}, PO_4^{---}.

HEMOSTAZA

Hemostaza reprezintă totalitatea mecanismelor care intervin în oprirea sîngerării. Ea se desfășoară în trei timpi:

1. Timpul vasculo-plachetar (hemostaza primară sau temporară).

2. Timpul plasmatic (coagularea sîngelui).

3. Timpul trombodinamic (retracția chiagului și fibrinoliza).

TIMPUL VASCULO-PLACHETAR — Hemostaza primară

Începe odată cu lezarea vasului. Prima reacție constă în *vasoconstricția peretelui* acestuia, produsă atît reflex cît și sub acțiunea serotoninei. Urmează *aderarea trombocitelor* la nivelul plăgii, *aglutinarea și metamorfoza vîscoasă* a acestora, cu formarea unui trombus alb trombocitar care astupă temporar vasul și duce la oprirea sîngerării în 2—4 minute. Acest timp se prelungește în afecțiuni vasculare sau trombocitare.

TIMPUL PLASMATIC — COAGULAREA SÎNGELUI

Coagularea sîngelui este un proces fizico-chimic complex de transformare a sîngelui din stare lichidă în stare semilichidă prin trecerea fibrinogenului din forma solubilă, într-o rețea insolubilă de fibrină (fig. 17).

Încă din prima fază a hemostazei are loc eliberarea din trombocite a unor factori de coagulare. Tot în timpul hemostazei primare se produce activarea factorilor plasmatici.

FACTORII COAGULĂRII. La coagulare participă numeroase substanțe. Ele se grupează, în:

— factori plasmatici;
— factori plachetari;
— factori tisulari.

Factorii plasmatici ai coagulării sînt în număr de 13. Ei se notează cu cifre romane. Majoritatea sînt formați în ficat.

Factorul I (F.I.)	— este *fibrinogenul*, proteină care, în procesul coagulării, se transformă în fibrină insolubilă;
F.II	— *protrombina*, globulină plasmatică fabricată de ficat în prezența vitaminei K. În procesul coagulării se transformă în trombină;
F.III	— *tromboplastina*, este un complex enzimatic lipoproteic ce apare în procesul coagulării. Există două tromboplastine. Tromboplastina plasmatică

sau intrinsecă și tromboplastina tisulară sau extrinsecă.

F.IV — *Ionii de calciu* (Ca^{++}) sînt indispensabili coagulării. Ei intervin în toate fazele. Blocarea Ca^{++} cu ajutorul citratului de sodiu împiedică coagularea.

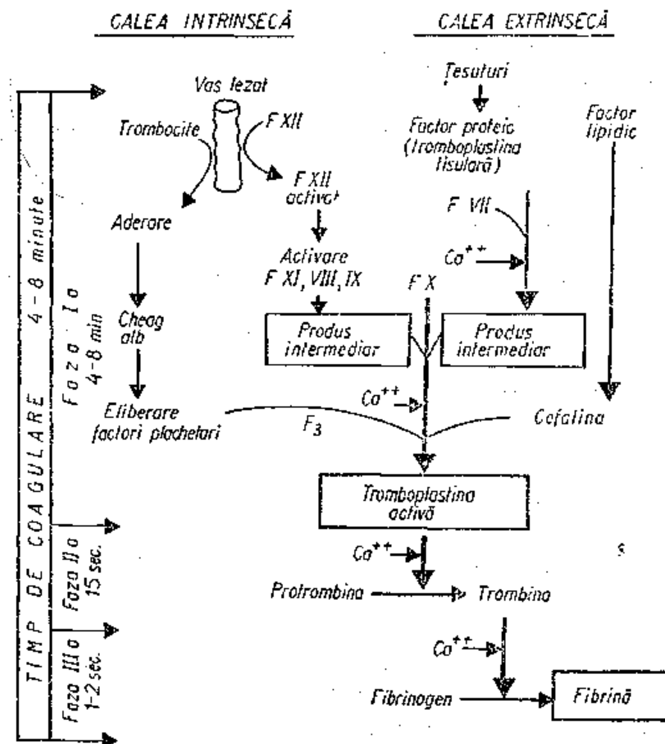


Fig. 17. Schema coagulării.

Factorii V, VI, VII accelerează formarea tromboplastinelor.

F.VIII — *Factorul antihemofilic A* este o globulină plasmatică ce intră în componența F.III intrinsec. În lipsa acestui factor se produce o boală gravă numită hemofilia A.

F.IX — *Factorul antihemofilic B* are același rol cu al F.VIII. Lipsa lui provoacă hemofilia B.

F.X — *Factorul Stuart-Prower* — este principalul component al ambelor tromboplastine.

F.XI — *Factorul antihemofilic C* este alt precursor al tromboplastinei intrinseci.

F.XII — *Factorul de contact* (factorul Hageman) este o proteină plasmatică ce se găsește sub formă inactivă și se activează la contactul cu suprafețele lezate și cu fibrele de colagen. Acest factor inițiază coagularea sîngelui.

F.XIII — *Factor stabilizant al fibrinei (F.S.F.)* este o proteină care intervine în stabilizarea rețelei de fibrină, făcînd-o insolubilă în uree.

Factorii trombocitari ai coagulării se notează cu cifre arabe. Cei mai importanți sînt:

— *F.3 factor tromboplastic,* component al tromboplastinei intrinseci;

— *F.4 — antiheparina plachetară,* se opune acțiunii anticoagulante a heparinei;

— *F.6* — trombostenina, proteină cu proprietăți enzimatice și contractile, cu rol în retracția cheagului.

Toți acești factori sînt eliberați de trombocite, la începutul hemostazei. În același timp trombocitele mai transportă *serotonina.*

Factorii tisulari ai coagulării sînt reprezentați de o substanță lipoproteică numită tromboplastina extrinsecă sau tisulară inactivă. În procesul coagulării ea se activează sub influența F.VII și a Ca^{++}.

DINAMICA PROCESULUI DE COAGULARE

Coagularea sîngelui se desfășoară în trei faze:

— **faza I** — formarea tromboplastinei are loc pe două căi, extrinsecă și intrinsecă. Aceasta este faza cea mai laborioasă și durează cel mai mult, 4—8 minute;

— **faza a II-a** — formarea trombinei, durează 10 s; tromboplastina transformă protrombina în trombină;

— **faza a III-a** — formarea fibrinei, durează 1—2 s. Trombina desface, din fibrinogen, niște monomeri de fibrină, care se polimerizează spontan dînd rețeaua de fibrină ce devine insolubilă sub acțiunea F.XIII. În ochiurile rețelei de fibrină se fixează elementele figurate și hemoragia se oprește.

TIMPUL TROMBODINAMIC AL HEMOSTAZEI

După coagulare are loc, sub acțiunea trombosteninei plachetare, un proces de *retracție a cheagului*. Din cheag este expulzat un lichid gălbui numit *ser*. Serul este plasma fără fibrinogen și protrombină ce s-au consumat în procesul de coagulare. Retracția cheagului durează 2—24 ore. După retracție, cheagul suferă treptat un proces de topire numit *fibrinoliză*. Aceasta se datorește unei enzime proteolitice, *plasmina* (fibrinolizina), activată și ea în timpul coagulării. Fibrinoliza are drept efect îndepărtarea cheagului și desobstruarea vasului prin care se poate relua circulația. În felul acesta au fost îndepărtate toate consecințele lezării vasului.

TULBURĂRILE HEMOSTAZEI pot apărea în oricare din cei trei timpi. Aceste tulburări se numesc sindroame hemoragipare.

GRUPELE SANGVINE — TRANSFUZIA

Membrana hematiilor conține unele substanțe mucopolizaharidice, cu activitate antigenică numite *aglutinogene*. Aceste antigene, administrate altei persoane, pot determina apariția în plasma acesteia a unor anticorpi specifici numiți *aglutinine*. În sîngele indivizilor au fost puse în evidență mai multe feluri de aglutinogene (în hematii) și aglutinine (în plasmă). Acestea formează 9 sisteme dintre care cele mai importante pentru practica medicală sînt:

1. Sistemul A0B (A, Zero, B);

2. Sistemul Rh.

SISTEMUL A0B este format din două antigene A și B și două aglutinine corespunzătoare, alfa și beta. Aglutinogenul nu poate coexista în același sînge împreună cu aglutinina omoloagă. În funcție de prezența sau absența aglutinogenelor în hematiile indivizilor, se descriu patru grupe sangvine:

grupa I — grupa 0 (zero); cuprinde persoanele ce nu au aglutinogene. În plasma acestora se găsesc ambele aglutinine alfa și beta;

grupa a II-a — grupa A; persoanele posedă în hematii aglutinogenul A iar în plasmă aglutinina beta;

grupa a III-a — grupa B; au aglutinogen B în hematii și aglutinina alfa în plasmă;

grupa a IV-a — AB; au ambele aglutinogene iar în plasmă lipsesc aglutininele.

Importanța practică a acestor grupe este foarte mare. Cînd se întîlnește aglutinogenul cu aglutinina corespunzătoare (omoloagă) se formează pe suprafața hematiei un

complex antigen-anticorp care, în prezența complementului produce distrugerea hematiei (hemoliza intravasculară). În afara vaselor de sînge reacția antigen-anticorp duce la aglomerarea hematiilor în grămezi mari, fenomen numit *aglutinare*. Reacția de aglutinare este folosită pentru *diagnosticul grupelor sangvine*.

În practica transfuziei trebuie să ținem seama de aglutininele din plasma primitorului și de aglutinogenele din hematiile donatorului. Potrivit acestei *reguli a transfuziei*, persoanele din grupa 0 sînt donatori universali, iar cei din grupa AB, primitori universali. Această regulă este valabilă în transfuzii mici, de pînă la 500 ml sînge. Transfuziile de cantități mari de sînge (1—2 litri) se vor face numai în cadrul aceluiași grup (izogrup).

Sistemul Rh. În afară de aglutinogenul A și B, pe membrana hematiilor s-a mai evidențiat un antigen, comun omului și maimuței *Rhesus*, numit *factorul Rh*. Acest factor este prezent în hematiile a 85% din populația globului care sînt considerați *Rh pozitivi* și lipsește la 15% — care sînt *Rh negativi*. În mod natural, sîngele persoanelor Rh negative nu conține aglutinine anti-Rh, dar acestea pot apărea prin transfuzii repetate de sînge Rh+ la persoane Rh— sau prin sarcină repetată Rh+ la femei Rh—. **Importanța practică** a factorului Rh constă în posibilitatea producerii acestei *izoimunizări*. Spre exemplu, la o femeie Rh negativă al cărei soț este Rh+, copilul este Rh+. Prima sarcină se desfășoară normal. La naștere, hematiile fătului trec în sîngele mamei și determină fabricarea de către aparatul imun al acesteia a anticorpilor anti-Rh. La a 2-a sarcină Rh+, aglutininele anti-Rh trec prin placentă de la mamă la făt și are loc reacția antigen-anticorp ce pune în pericol viața acestuia.

FUNCȚIILE SÎNGELUI

Funcțiile sîngelui sînt reprezentate de funcțiile componentelor sale, deja descrise. În afară de acestea, sîngele îndeplinește rolul de sistem de integrare și coordonare umorală a funcțiilor prin hormonii mediatori chimici și cataboliții pe care-i vehiculează.

De asemenea, sîngele are rol de îndepărtare și transport spre locurile de excreție a substanțelor toxice și neutilizabile.

Datorită conținutului său bogat în apă, sîngele are rol de termoreglare.

APARATUL LOCOMOTOR

Aparatul locomotor este alcătuit din sistemele care participă pe de o parte la susținerea corpului iar pe de altă parte la locomoție sau la deplasarea diferitelor segmente ale acestuia.

În alcătuirea aparatului locomotor intră oasele și articulațiile care formează sistemul osteoarticular, cu rol pasiv în mișcare.

I. SISTEMUL OSOS (ANATOMIE)

Cuprinde (anatomic) oase, organe dure și rezistente, datorită compoziției chimice a țesutului osos cît și a arhitecturii acestuia.

După forma lor, oasele se clasifică în mai multe categorii:

Forma oaselor	Exemple
1	2
1. lungi — predomină lungimea	femur, tibie, fibulă, humerus, radius, ulnă
2. late — predomină lățimea și înălțimea	coxal, omoplat, parietal, frontal, occipital, stern
3. oase scurte cele trei dimensiuni sînt egale	carpiene, tarsiene
4. oase neregulate	vertebre, sfenoid, etmoid, mandibulă
5. oase pneumatice conțin cavități cu aer (sinusurile paranazale)	frontal, maxilar, etmoid, sfenoid

Există și oase — cum ar fi rotula — care se găsesc în grosimea unui tendon (tendonul cvadricepsului femural). Aceste oase se numesc sesamoide. Există, de asemenea, și oase alungite — cum ar fi coastele și clavicula — la care predomină lungimea, dar care nu prezintă diafiză și epifize, așa cum au oasele lungi.

Oasele prezintă suprafețe articulare cu cele vecine, acoperite de cartilagiu articular hialin; de asemenea, prezintă, apofize și tuberozități pe care se prind mușchii, cauzate de tracțiunea acestora asupra oaselor, șanțuri și fosete determinate de presiuni exercitate asupra osului.

Structura osului

Prin arhitectura sa, osul este adaptat funcției de a rezista la presiune și tracțiune și se supune principiului „cu material puțin, maximul de rezistență".

La nivelul corpului oaselor lungi (diafiză) se remarcă, în centrul, canalului central, care adăpostește măduva osoasă. În jurul canalului central se află o zonă de țesut

osos compact care are în structura sa sisteme haversiene (osteoane) — unități morfofuncționale ale țesutului osos. În centrul osteonului se află canalul Hawers (vizibil la microscop), țesut conjunctiv și vase de sînge. În jurul canalului Hawers sînt dispuse 10—20 lamele osoase concentrice, între care se află cavități numite osteoplaste, în interiorul cărora sînt adăpostite osteocitele. Înafara țesutului osos compact se dispune periostul, o membrană conjunctivo-vasculară cu rol în creșterea osului în grosime și în refacerea țesutului osos la nivelul fracturilor. Periostul este alcătuit din fibre conjunctive și este bogat vascularizat și inervat. La exterior prezintă o pătură fibroasă iar la interior, o pătură osteogenetică, cu rol în formarea țesutului osos. La locul de unire al diafizelor cu epifizele, oasele tinere prezintă cartilagiul de creștere, responsabil de creșterea în lungime a oaselor.

Epifizele au în structura lor țesut spongios în interior și țesut compact la periferie. Țesutul spongios din interiorul epifizelor, privit la microscop, este format din lamele osoase care se întretaie și delimitează spații numite areole, pline cu măduvă roșie. Areolele sînt echivalentul canalului central din diafiza oaselor lungi. Oasele scurte au la interior țesut spongios cu areole, iar la exterior țesut compact. Oasele late au în interior țesut spongios numit diploe — iar la exterior, o pătură de țesut compact. Țesutul spongios, ca și oasele scurte, are în structura sa areole ce conțin măduvă roșie. După cum am văzut, în canalul central al diafizei oaselor lungi, ca și în areolele osului spongios din interiorul oaselor scurte și late se află măduvă osoasă. Ea prezintă trei varietăți: roșie, galbenă și cenușie. Măduva roșie are rol hematopoietic și la adult se află în țesutul spongios din interiorul oaselor scurte și late, cît și în interiorul epifizelor oaselor lungi. Măduva galbenă se găsește în canalul central din diafizele oaselor lungi ale adultului și este bogată în țesut adipos (rol de rezervă). La oasele persoanelor în vîrstă există măduvă cenușie.

Scheletul capului

Este alcătuit din neurocraniu, care adăpostește encefalul și din viscerocraniu, unde se află segmentele periferice ale organelor de simț cît și primele segmente ale aparatelor respirator și digestiv (fig. 18).

Neurocraniul are forma unui ovoid, cu partea mai voluminoasă situată posterior, prezentînd o bază și o boltă. Oasele bolții sînt legate între ele prin suturi. Sutura sagitală unește cele două oase parietale, sutura coronară unește scuama frontalului de oasele parietale, iar sutura lambdoidă, parietalele de scuama occipitalului. Toate aceste suturi sînt suturi dințate (prezintă dinți care se întrepătrund). Parietalele sînt unite la scuama temporalului printr-o sutură solzoasă (marginile oaselor care se articulează, se subțiază și se aplică una peste alta ca solzii de pește). Baza neurocraniului este formată din porțiunea orbitară a osului frontal, de osul etmoid, de sfenoid, de stînca oaselor temporale și de osul occipital (fig. 19 și 20). Baza craniului este prevăzută cu orificii prin care ies nervii cranieni și vena jugulară internă și intră o serie de artere (carotida internă, vertebrala, arterele meningee). Unul dintre orificii este mai mare și se numește gaura occipitală. La nivelul acestuia, măduva se continuă cu bulbul, iar meningele spinale cu meningele cerebrale. Tot pe aici intră și artera vertebrală. Menționăm și alte orificii mari cum ar fi gaura jugulară prin care ies din craniu nervii glosofaringian, vag și accesor, cît și vena jugulară internă, gaura rotundă prin care iese nervul maxilar, gaura ovală prin care iese nervul mandibular, fisura orbitară superioară prin care intră în or-

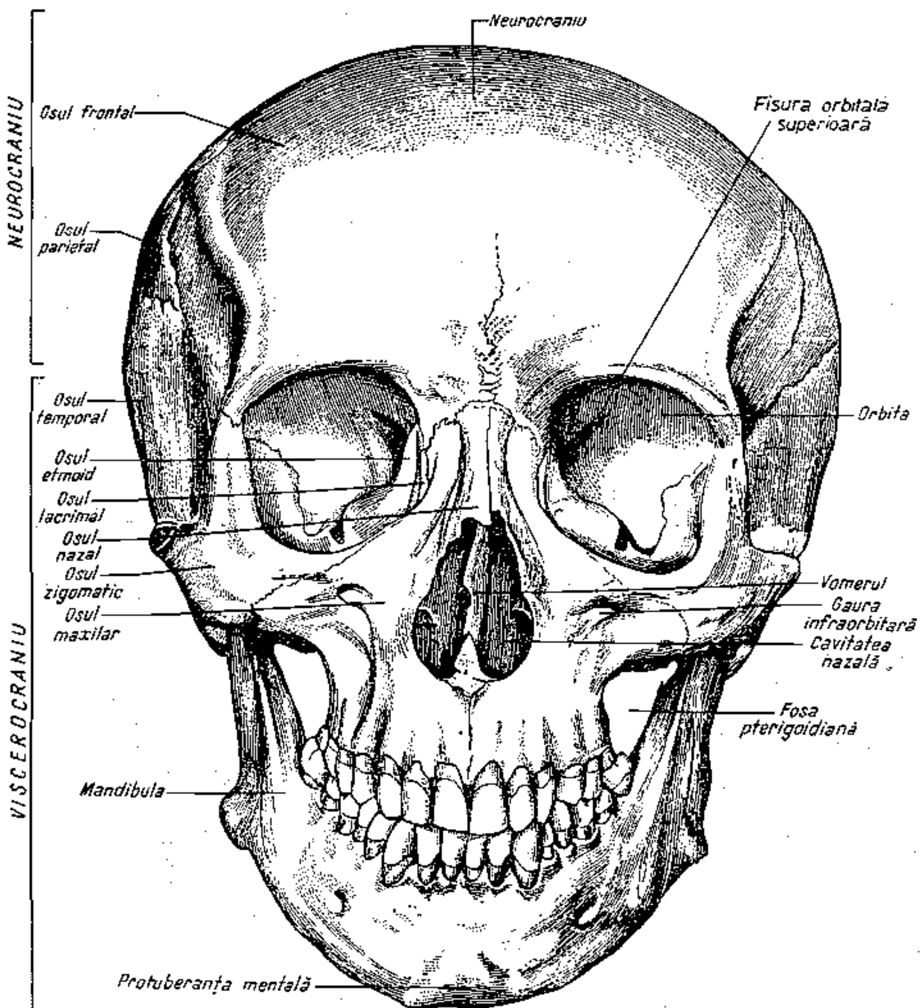


Fig. 18. Craniul.

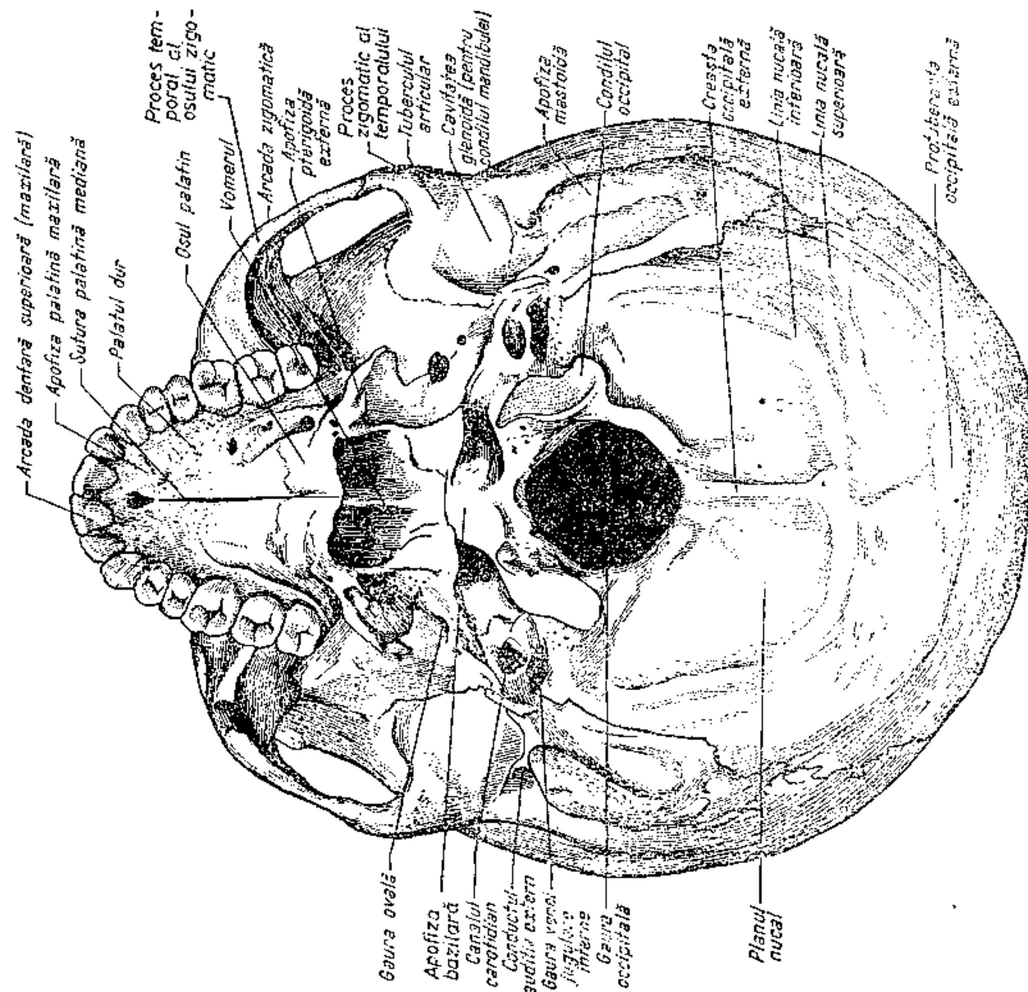


Fig. 19. Exobaza.

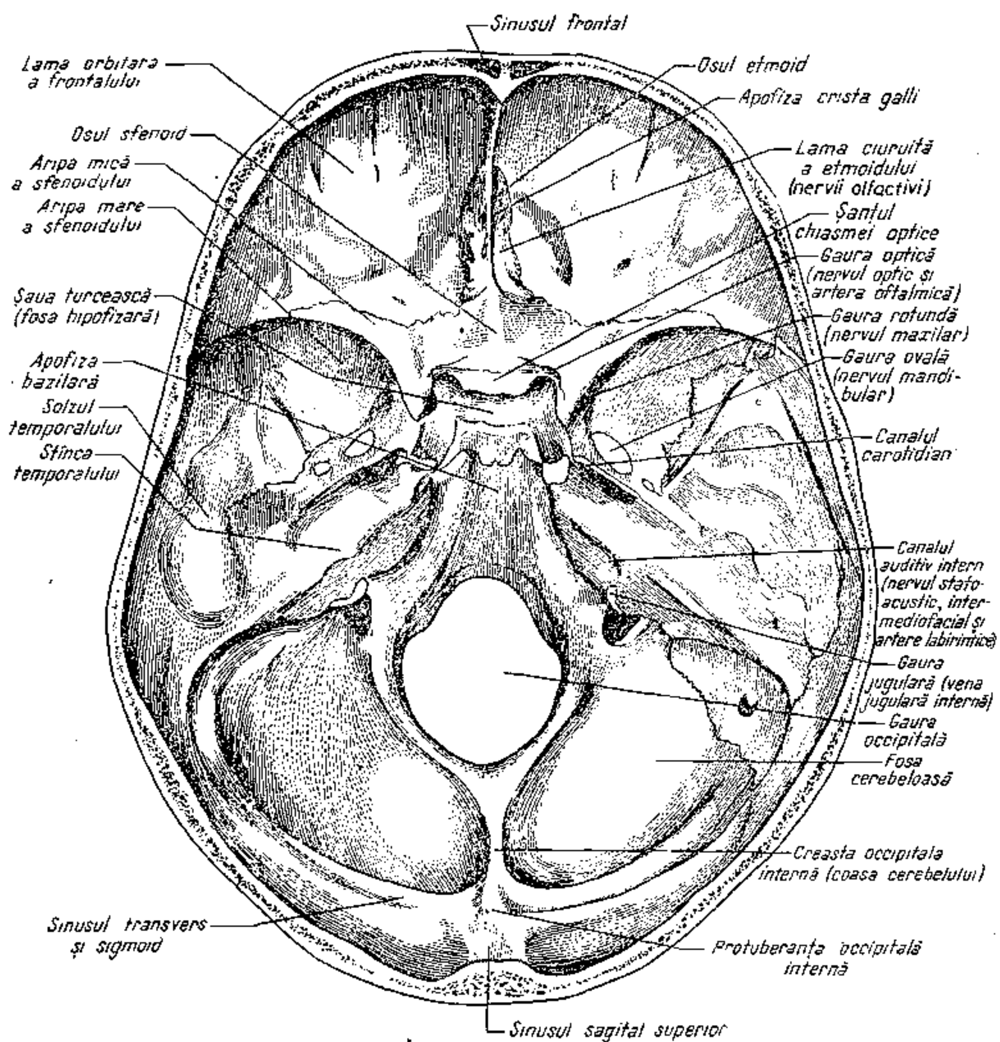


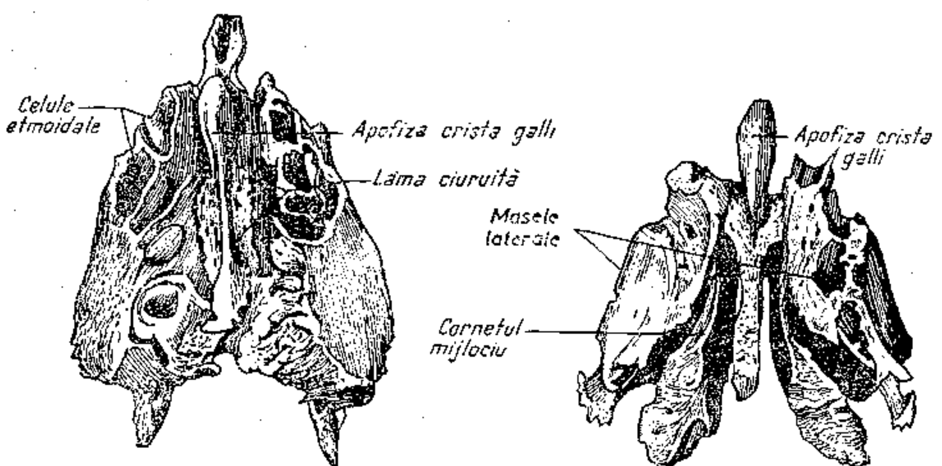
Fig. 20 Endobaza.

bită nervii oculomotor, trohlear și accesor și gaura optică prin care iese din orbită nervul optic și intră artera oftalmică.

Neurocraniul este alcătuit din patru oase neperechi: frontal, etmoid, sfenoid și occipital, și din două oase perechi: temporale și parietale.

Neurocraniul

Numele osului	Situație	Elemente anatomice	Detalii
1	2	3	4
1. *Osul frontal*	În partea anterioară a neurocraniului, participînd la formarea bolții și bazei craniului	Porțiunea verticală (scuama frontalului) formează fruntea. Prezintă o față exocranială și o față endocranială	— Pe fața exocranială, în partea inferioară se află glabela iar lateral, arcurile sprîncenoase, sub care se află marginea supraorbitară a frontalului, prevăzută cu gaura supraorbitară prin care ies artera și nervul omonim. — Deasupra arcurilor sprîncenoase se văd tuberozitățile frontale. Arcurile sprîncenoase se termină prin procesul zigomatic al frontalului. — Pe fața endocranială, medial se observă creasta frontală internă, care se continuă în sus cu șanțul sinusului sagital.
		Porțiunea orizontală formează peretele superior al orbitei	— La întîlnirea porțiunii verticale a frontalului cu porțiunea orizontală se află sinusul frontal.
2. *Osul etmoid* (fig. 21)	Înapoia osului frontal. Aparține bazei craniului și participă la formarea orbitelor și a foselor nazale.	Partea orizontală (lama ciuruită)	Prezintă o serie de orificii prin care trec nervii olfactivi.
		Porțiunea verticală, cu două segmente: superior și inferior	— Segmentul superior este numit crista galli și oferă inserția coasei creierului. — Segmentul inferior este reprezentat de lama perpendiculară a etmoidului, care se articulează inferior cu vomerul, formînd porțiunea osoasă a septului nazal.
		Masele laterale ale etmoidului	— Conțin celulele etmoidale și participă la formarea pereților laterali ai foselor nazale și a pereților mediali ai orbitelor. Pe fața internă se află cornetul nazal superior și mijlociu.



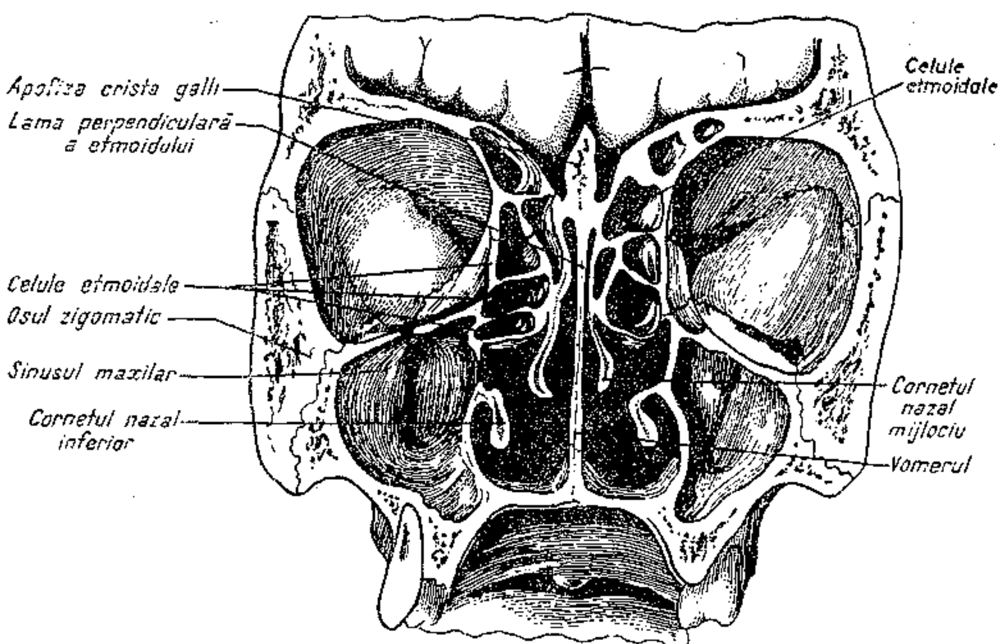
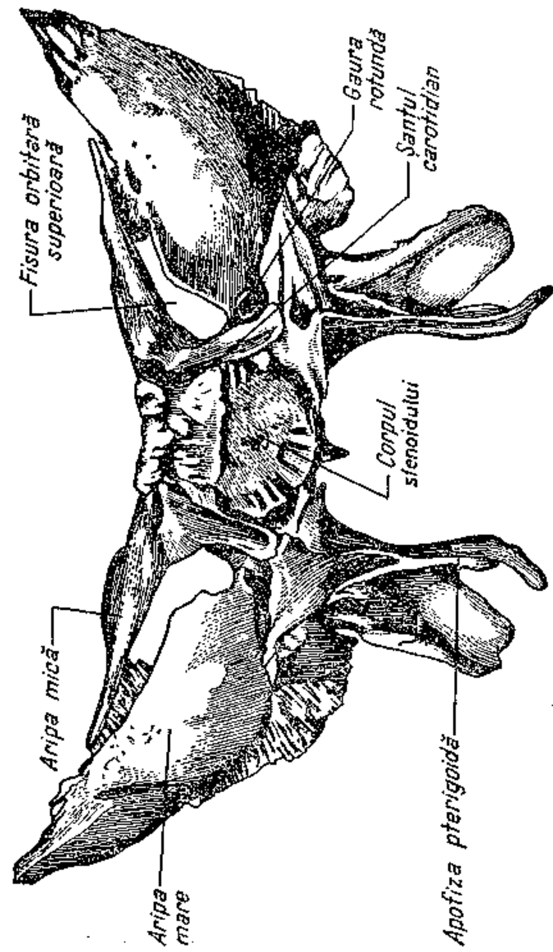


Fig. 21. Etmoidul.

1	2	3	4
3. *Osul sfenoid* (fig. 22)	Înapoia etmoidului și anterior de porțiunea bazilară a occipitalului. Are formă de fluture, cu aripile întinse.	Corpul, situat central, are formă cubică	— Pe fața superioară a corpului se află șaua turcească iar pe părțile laterale, șanțul arterei carotide interne. În corpul sfenoidului se află sinusurile maxilare.
		Aripile mici	— Sînt situate lateral de corp.
		Aripile mari	— Sînt situate înapoia aripilor mici. Între aripile mari și mici se află fisura orbitară superioară, iar medial, gaura optică. Între cele două găuri optice se află șanțul optic care adăpostește chiasma optică.
		Proces pterigoid	Se detașează de pe fața inferioară a corpului sfenoidului. Oferă inserție mușchilor pterigoidieni.
4. *Osul occipital*	Participă la formarea bazei craniului și a bolții craniene.	Apofiza bazilară situată în partea anterioară	— Pe fața endocraniană prezintă o adîncitură numită clivus, în care se află puntea și artera bazilară. — Pe fața exocranială prezintă tuberculul faringian.
		Scuama occipitalului	— Pe fața exocraniană are creasta occipitală externă, care se termină la protuberanța occipitală externă.
		Masele laterale	— Pe fața exocranială se observă condilii occipitali. Înaintea lor se află canalul nervului hipoglos iar înapoi, canalul condilian. — Masele laterale cu scuama occipitalului și cu apofiza bazilară delimitează gaura occipitală.
5. *Oasele temporale* (fig. 23)		Scuama temporalului	— Pe fața exocraniană se prinde mușchiul temporal. De pe fața exocranială pleacă procesul zigomatic, care formează arcada zigomatică cu procesul temporal al osului zigomatic, sub care se află fosa mandibulară ce se articulează cu condilul mandibulei.



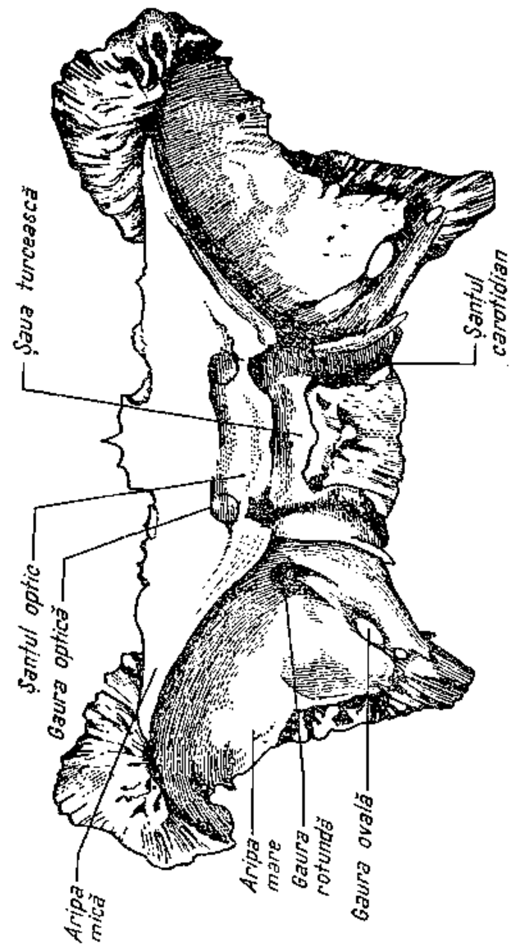
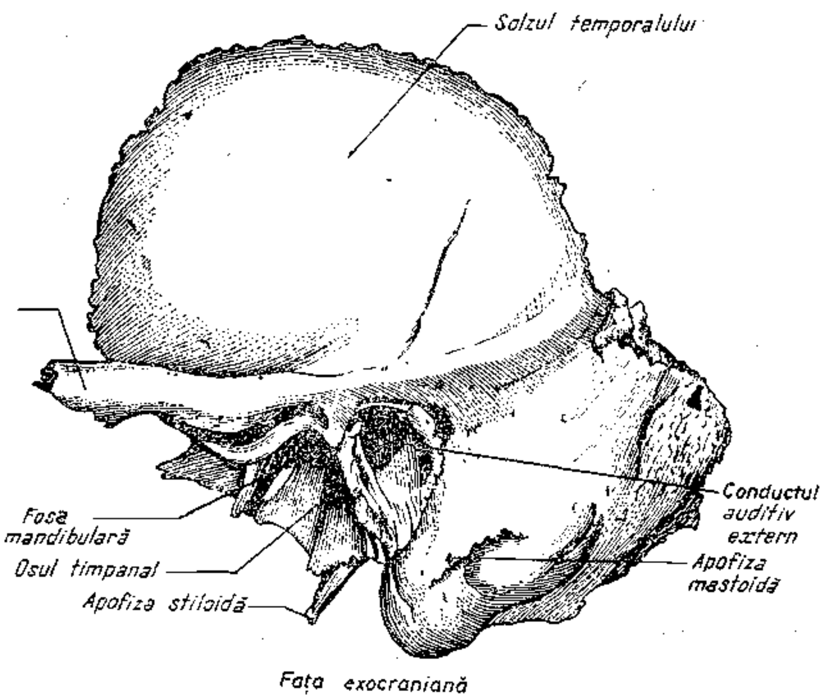
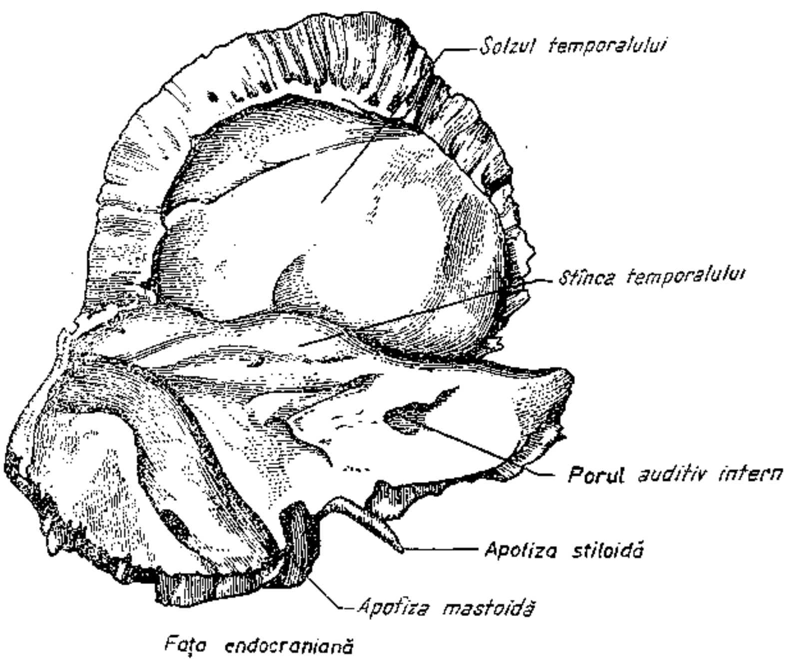


Fig. 22. Sfenoidul.



Fața exocraniană



Fața endocraniană

Fig. 23. Temporalul

1	2	3	4
			— Fața endocranială a scuamei vine în raport cu lobul temporal.
		Stînca temporalului	— Conține urechea medie și internă, canalul carotic și canalul nervului facial.
		Apofiza mastoidă	— Este o proeminență pe care se inseră mușchiul sternocleido-mastoidian. În interiorul său se află celule pneumatice, dintre care una este mai mare (antrum) și comunică cu casa timpanului.
		Procesul stiloid	— Se detașază de pe fața inferioară a stîncii. Pe el se prind o serie de mușchi.
		Osul timpanal	— Se dispune în jurul conductului auditiv extern.
6. *Oasele parietale*		Sînt situate pe părțile laterale ale bolții craniene și au o formă patrulateră.	În sus se articulează între ele (sutura sagitală); în jos se articulează cu scuama temporalelor, înainte cu scuama frontalului iar posterior cu scuama occipitalului.

Viscerocraniul este format din 6 oase perechi (maxilare, palatine, nazale, lacrimale, zigomatice și cornetele nazale inferioare) și 2 oase neperechi (vomerul și mandibula).

Numele osului	Situație	Elemente anatomice	Detalii
1	2	3	4
1. *Oasele maxilare*	Prin sudare formează maxila; ocupă centrul viscerocraniului.	Corpul osului maxilar este situat în centrul osului	— În interior se află sinusul maxilar — Partea superioară participă la formarea podișului orbitei
		Apofiza frontală	— Este îndreptată în sus și se articulează cu osul frontal
		Apofiza zigomatică	— Este îndreptată înafară, spre osul zigomatic

1	2	3	4
		Apofiza alveolară Apofiza palatină	— Prezintă 16 alveole dentare pentru dinţii superiori — Se uneşte cu lamele orizontale ale osului palatin, formînd palatul dur
2. *Oasele palatine*	Situate posterior de oasele maxilare	Lama verticală Lama orizontală	— Participă la formarea peretelui lateral al foselor nazale — Se articulează cu apofiza palatină a osului maxilar, formînd palatul dur
3. *Oasele nazale*	Sînt situate înaintea apofizei frontale a osului maxilar	Au formă patrulateră	— Participă la formarea scheletului piramidei nazale
4. *Oasele lacrimale*	Înapoia apofizei frontale a osului maxilar	Au formă patrulateră	— Participă la delimitarea peretelui intern al orbitei
5. *Oasele zigomatice*	Proemină sub pielea obrajilor, formînd pomeţii obrajilor	Corp situat central	— Prezintă o faţă anterioară convexă şi una posterioară, concavă — De la nivelul corpului se detaşează trei procese: frontal, temporal şi maxilar, fiecare spre osul corespunzător
6. *Cornetele nazale inferioare*	Pe peretele lateral al foselor nazale	Are formă semilunară, cu extremitatea mai voluminoasă situată posterior	— Delimitează meatul inferior în care se deschide canalul lacrimo-nazal
7. *Vomerul*	Os unic, situat sub lama perpendiculară a osului etmoid		— Participă la formarea porţiunii osoase a septului nazal

1	2	3	4
8. *Mandibula*	Este singurul os mobil, datorită articulației cu osul temporal (articulația temporo-mandibulară)	Corpul are formă de potcoavă	— Pe marginea superioară se află cele 16 alveole ale dinților inferiori — Pe linia mediană se află simfiza mentonieră, iar lateral de ea, linia oblică a mandibulei sub care se găsește gaura mandibulei prin care intră în mandibule nervul și artera alveolară inferioară
		Ramurile mandibulei	— Pe fața externă se prinde mușchiul maseter iar pe fața internă, mușchiul pterigoidian medial — Superior, marginea mandibulei prezintă dinainte înapoi procesul coronoid pe care se prinde mușchiul temporal, incizura mandibulei și condilul mandibulei care se articulează cu fosa mandibulară a osului temporal

Osul hioid. Os nepereche situat, în partea antero-superioară a gîtului, deasupra laringelui, face parte din scheletul osteofibros al limbii. Central prezintă un corp, iar lateral se află coarnele mari și mici.

Scheletul trunchiului

Este format din coloană vertebrală, stern, coaste și bazin.

Coloana vertebrală

Coloana vertebrală reprezintă scheletul axial, fiind situată în partea mediană și posterioară a corpului. Îndeplinește un triplu rol, fiind axul de susținere al corpului, protejînd măduva spinării și participînd la executarea diferitelor mișcări ale trunchiului și capului.

Înainte de a analiza caracterele pe regiuni ale diferitelor vertebre, trebuie studiată vertebra tip (vertebra toracală).

Vertebra tip prezintă, în partea sa anterioară, corpul vertebral iar posterior, arcul vertebral, care este legat de corpul vertebral prin doi pediculi vertebrali. Aceștia din urmă, prin suprapunere, delimitează orificiile intervertebrale (de conjugare) prin care ies nervii spinali. Corpul prezintă o circumferință, o față superioară și una inferioară, care se articulează cu vertebrele supra- și subjacente, prin intermediul discului intervertebral — o formațiune fibro-cartilaginoasă. Arcul vertebral prezintă, de asemenea, și o serie de apofize dintre care unele sînt musculare iar altele articulare. Cele musculare se disting în apofiză spinoasă, unică, situată pe linia me-

diană și apofize transverse, stîngă și dreaptă. Cele articulare sînt în număr de patru, dintre care două sînt superioare iar altele două inferioare. Ele servesc pentru articulația cu apofizele articulare ale vertebrelor supra-jacente și subjacente. Între corpul vertebral, pediculii vertebrali și arcul vertebral se află orificiul vertebral.

Caracterele regionale ale vertebrelor

Regiunea	Corpul	Procesele transverse	Procesul spinos	Orificiul vertebral	Vertebre cu aspect particular
1	2	3	4	5	6
Cervicală (7 vertebre) (fig. 24)	— diametrul transversal dublu față de cel anteroposterior	— au doi tuberculi: anterior, posterior — Prezintă un orificiu prin care trec artere și nervul vertebral	Scurt și bifurcat	Triunghiular, cu baza spre înainte (spre corpul vertebrei)	C_1 = *atlas:* — nu are corp vertebral; — prezintă două mase laterale unite printr-un arc anterior și unul posterior mai mare. C_2 = *axis:* — prezintă pe fața superioară a corpului, o proeminență numită dintele axisului C_7 = vertebră proeminentă — are procesul spinos lung
Toracală (12 vertebre) (fig. 25)	Cilindric, avînd diametrul transvers egal cu cel anteroposterior. Pe părțile laterale ale vertebrelor T_2—T_9 se află cîte 2 hemifațete articulare pentru capul coastelor 2—9	Prezintă o suprafață de articulare cu tuberculul coastei	Lung și înclinat în jos pentru a limita extensia	Rotund	T_1 — prezintă pe corp o fațetă pentru coasta I și o hemifațetă pentru coasta a II-a — Vertebra T_{10} are o hemifațetă pentru coasta X — Vertebrele T_{11} și T_{12} au fațete pentru coastele a XI-a și a XII-a
Lombară (5 vertebre) (fig. 26)	Cel mai voluminos, cu diametrul transvers dublu față de cel anteroposterior	Lipsesc, locul lor fiind luat de procesele costiforme	Dreptunghiular, bine dezvoltat	Triunghiular, cu baza spre corp	Vertebra L_1 seamănă cu vertebrele toracale Vertebra L_5 se poate suda de sacru

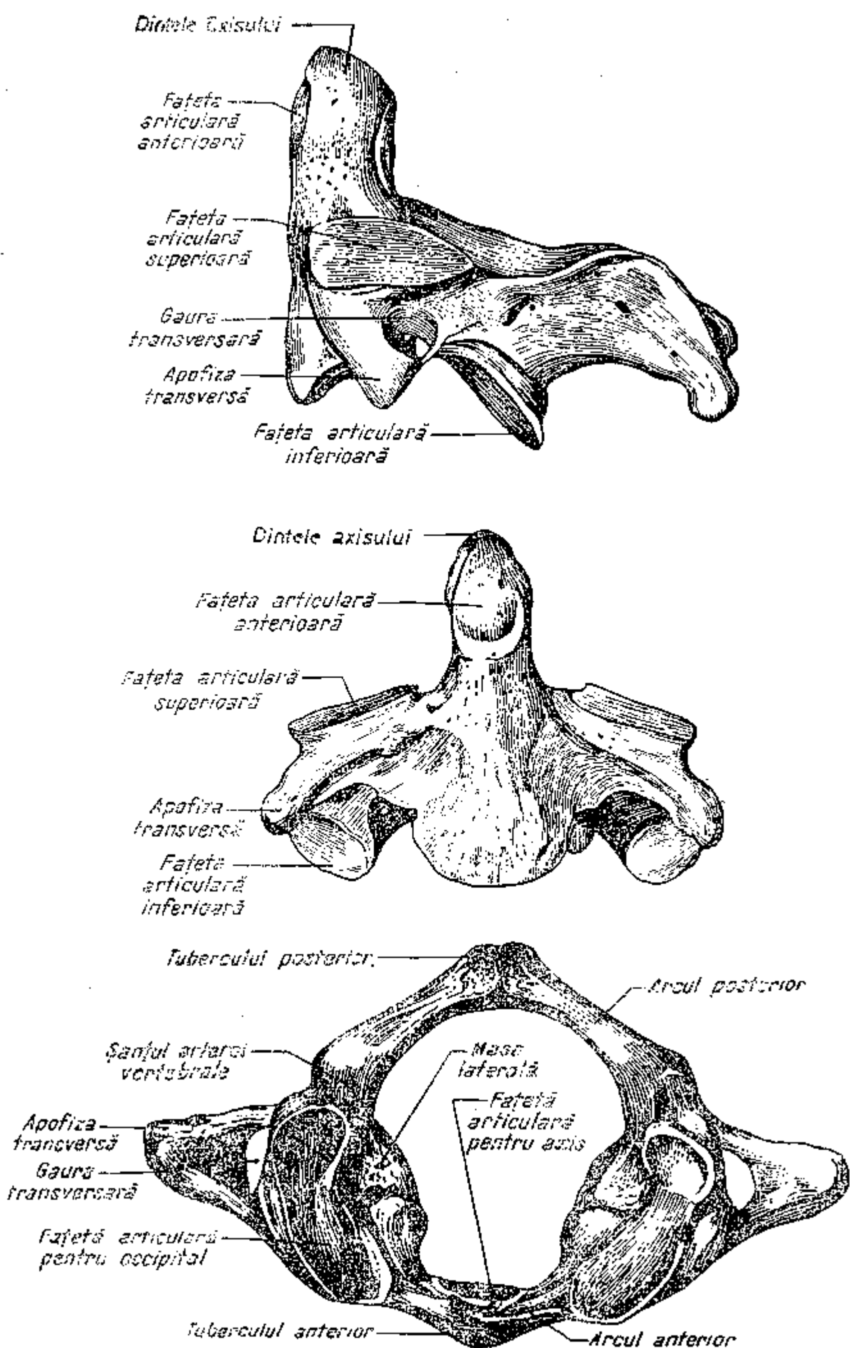
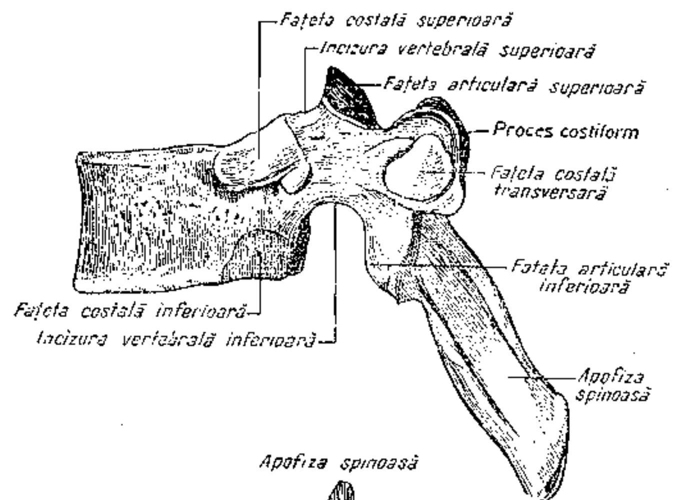


Fig. 24. Vertebre cervicale.



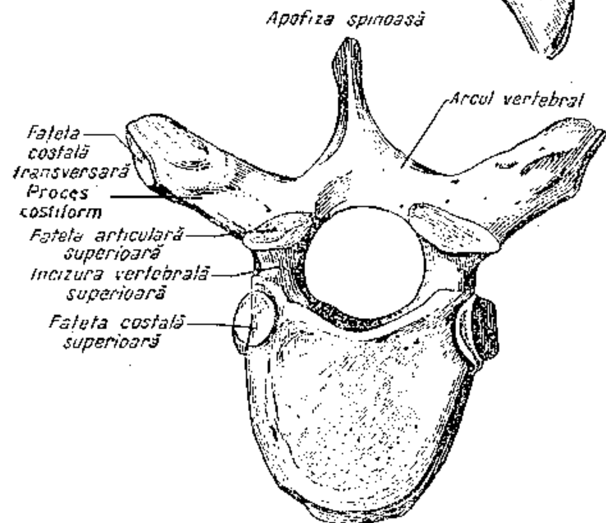
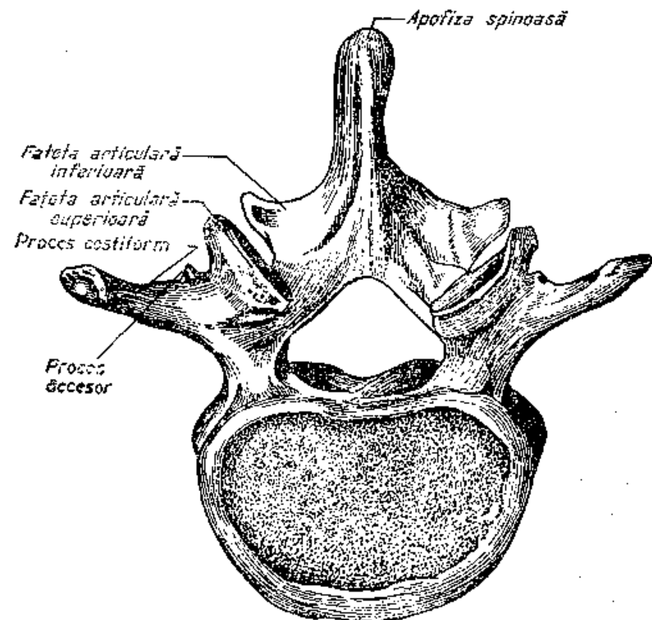


Fig. 25. Vertebre toracale.



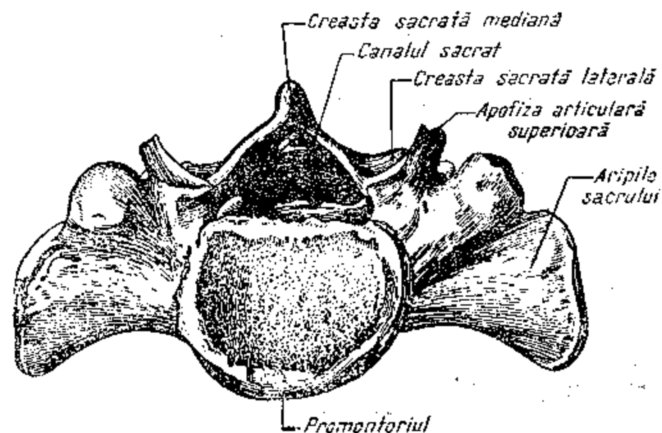


Fig. 26. Vertebra lombară.

Osul sacru. Provine din sudarea celor 5 vertebre sacrale. Osul sacru este un os median, nepereche, de formă triunghiulară, cu baza în sus. Fața sa anterioară este ușor concavă și prezintă patru linii transverse, care corespund locului de unire al celor cinci vertebre sacrale (fig. 27). La extremitățile celor patru linii transverse se află orificiile sacrale anterioare (cîte patru) de fiecare parte), prin care ies ramurile anterioare ale nervilor sacrali. Pe fața posterioară convexă se observă o serie de creste, și anume:

1. creasta sacrală mediană, rezultată din unirea proceselor spinoase ale vertebrelor sacrale. Sub această creastă se află orificiul inferior al canalului sacral, numit hiatus sacral, delimitat de coarnele sacrului;

2. creasta sacrală intermediară, care rezultă din unirea apofizelor articulare;

3. creasta sacrală laterală, care corespunde proceselor transversale. Între creasta sacrală intermediară și cea laterală se află orificiile sacrale posterioare (cîte patru de fiecare parte), prin care ies ramurile posterioare ale nervilor sacrali.

Fețele laterale ale sacrului prezintă, în partea lor superioară, o suprafață de articulare pentru osul coxal.

Baza sacrului, orientată superior, prezintă în centru corpul vertebrei S_1 care, împreună cu corpul vertebrei L_5, formează un unghi numit promontoriu. Lateral, baza sacrului prezintă aripile sacrului. Înapoia corpului vertebrei S_1 se află orificiul de intrare în canalul sacral. Vîrful sacrului, îndreptat în jos, se unește cu baza coccisului.

Coccigele. Rezultă din fuzionarea celor 4—5 vertebre coccigiene și reprezintă un vestigiu al cozii de la mamifere. Coccigele are o formă triunghiulară, cu baza îndreptată în sus spre vîrful sacrului, cu care dealtfel se și articulează. La nivelul bazei coccisului se remarcă prezența celor două coarne coccigiene care se articulează cu coarnele sacrale.

Coloana vertebrală nu este rectilinie, ci prezintă curburi atît în plan sagital, cît și în plan frontal. Curburile din plan sagital sînt numite lordoze, cînd au convexitatea anterior (regiunea lombară și cervicală) și cifoze, cînd au concavitatea posterior (regiunea toracală și sacrală). Lordoza cervicală apare la trei luni, cînd copilul începe să ridice capul, cifoza toracală apare la șase luni, cînd copilul începe să stea în șezut, iar lordoza lombară apare la douăsprezece luni, cînd începe să meargă. Curburile în plan frontal se numesc scolioze și pot fi cu convexitatea la stînga (sinistroconvexe) sau la dreapta (dextroconvexe).

În interiorul coloanei vertebrale se află canalul vertebral, format prin suprapunerea găurilor vertebrale.

Scheletul toracelui

Toracele osos este format anterior de către stern, posterior de către coloana vertebrală iar lateral de coaste.

Sternul este os lat, situat anterior, pe linia mediană a toracelui. Este format din manubriu, corp și apendice xi-

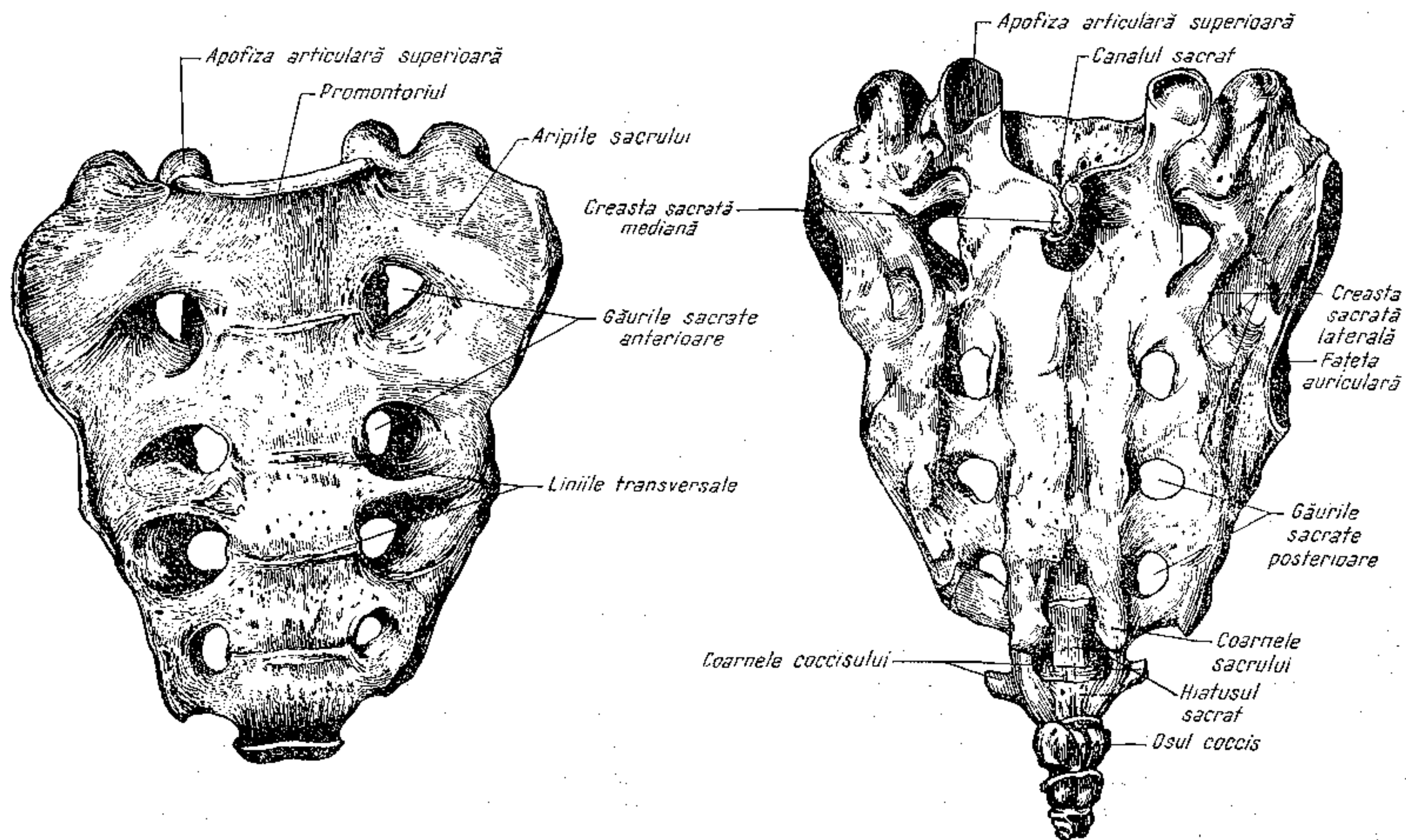


Fig. 27. Osul sacru.

foid care rămîne multă vreme cartilaginos. La locul de unire al membrului cu corpul sternului se află unghiul sternal, în dreptul căruia se află cartilagiul coastei II (reper folosit pentru numărarea coastelor prin palpare). Pe marginea superioară a manubriului sternal se află incizura sternală iar lateral, cele două incizuri claviculare prin care sternul se articulează cu claviculele. Pe marginile manubriului se află incizura pentru cartilagiul coastei I. La unghiul sternal se află incizura cartilagiului coastei a II-a. Pe marginile corpului sternal se află incizurile cartilagiilor coastelor III—VII.

Coastele sînt arcuri osteocartilaginoase, situate în partea laterală a toracelui, întinse de la coloana vertebrală toracală pînă la stern. Sînt în număr de 12 perechi, fiind formate posterior dintr-un arc osos, iar anterior din cartilagiu costal. Acesta lipsește la coastele XI și XII. Arcul osos prezintă o extremitate anterioară. La extremitatea posterioară se descrie capul coastei, care se articulează cu fețele laterale ale vertebrelor toracale (capul coastelor II—IX se articulează cu cîte două vertebre, în timp ce capul coastelor I, XI și XII, numai cu o singură vertebră (vertebra corespunzătoare), colul coastei și tuberculul coastei, care se articulează cu procesul transvers al vertebrelor toracale. Extremitatea anterioară a arcului osos prezintă o scobitură în care pătrunde cartilagiul costal. Corpul coastei prezintă o față laterală convexă, o față medială concavă, o margine superioară și una inferioară în vecinătatea căreia se află șanțul coastei prin care trec vena, artera și nervul intercostal. Puncția în torace se face întotdeauna introducînd acul aproape de marginea superioară a coastelor și niciodată de marginea inferioară a coastelor, deoarece putem atinge mănunchiul vasculonervos intercostal.

Primele 7 perechi de coaste sînt coaste adevărate, cartilagiul lor articulîndu-se cu sternul. Coastele VIII, IX, X sînt coaste false deoarece se articulează cu sternul prin intermediul cartilagiului coastei VII. Ultimele două perechi nu au cartilagiu și nu ajung la stern. Se numesc coaste flotante.

Posterior, scheletul toracelui este format de către cele 12 vertebre toracale.

Toracele osos are forma unui trunchi de con, cu baza în jos, la acest nivel aflîndu-se diafragma.

Dimensiunile și forma variază în funcție de vîrstă, sex (la femei este mai scurt și are diametrul transvers mai mic), constituția individuală și de anumite stări patologice.

Cifoza și scolioza modifică forma toracelui. În scolioză, cele două jumătăți ale toracelui nu sînt simetrice. În cifoză este alungit în sens sagital.

Scheletul membrelor

A. Scheletul membrelor superioare este format din scheletul centurii scapulare și scheletul membrului superior liber (scheletul brațului, antebrațului și mîinii). Centura scapulară leagă membrul superior de torace și este formată din claviculă și scapulă (omoplat) — figura 28.

B. Scheletul membrelor inferioare cuprinde centura pelviană și scheletul membrului inferior liber (vezi tabelul).

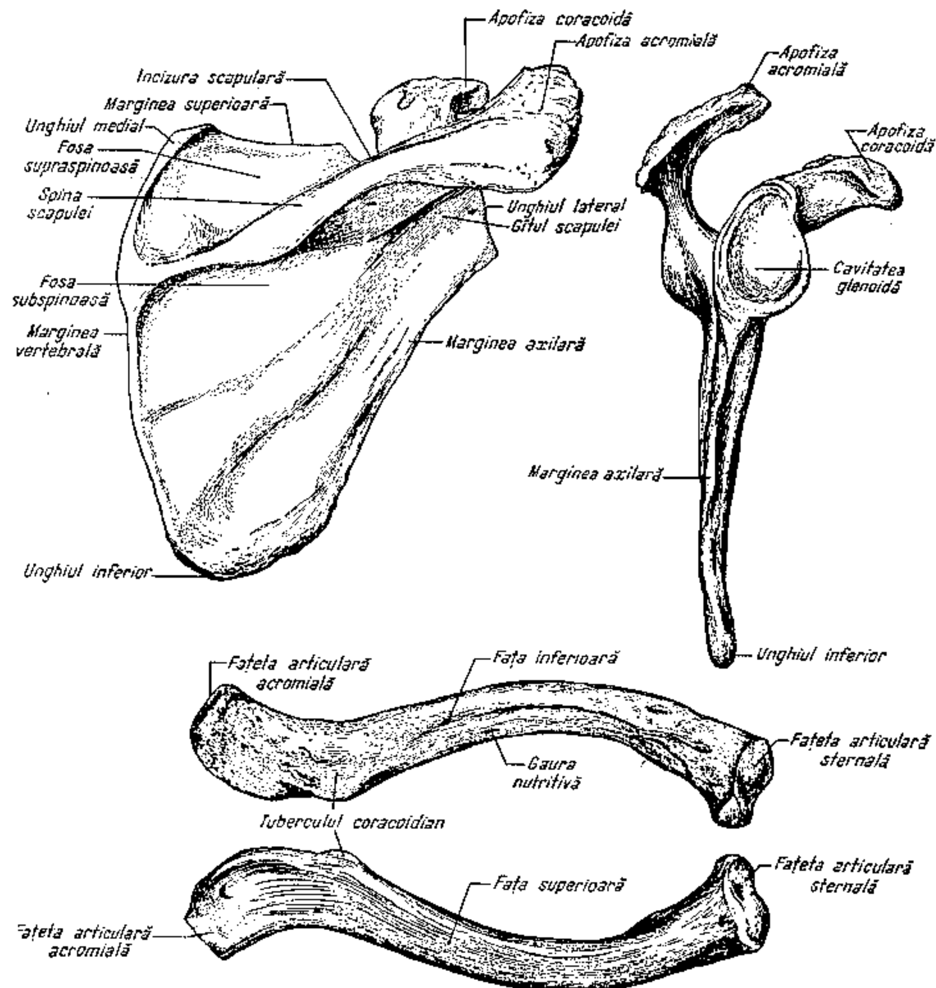


Fig. 28. Centura scapulară.

Centura scapulară

Numele	Formă și situație	Elemente anatomice	Detalii
1	2	3	4
1. *Clavicula*	Os lung, pereche, de forma literei „S", în partea anterosuperioară a toracelui	Extremitate internă	Voluminoasă. Se articulează cu incizura claviculară de pe manubriu.
		Extremitate externă	Turtită. Se articulează cu acromionul
		Față superioară	Situată sub piele. Se poate palpa.
		Față inferioară	Privește spre prima coastă și prezintă un șanț în care se inseră mușchiul subclavicular.
		Margine anterioară	Convexă medial, concavă lateral.
		Margine posterioară	Concavă medial, convexă lateral.
2. *Scapula*	Os lat, de formă triunghiulară, cu baza în sus, situat în partea posterioară a toracelui	Fața anterioară	Privește spre coaste și prezintă o adîncitură numită fosa subscapulară, în care își are originea mușchiului subscapular.
		Fața posterioară	Prezintă în 1/3 superioară spina scapulei care se termină printr-o porțiune lățită numită acromion. Deasupra spinei se află fosa supraspinoasă iar sub spină, fosa infraspinoasă.
		Marginea superioară a scapulei	Prezintă o mică scobitură numită incizura scapulei. Lateral de incizura scapulei se găsește procesul coracoid pe care se inseră mușchi și ligamente.
		Marginea laterală	Este îndreptată spre axilă.
		Marginea medială	Este îndreptată spre coloana vertebrală.
		Unghiul lateral	Prezintă cavitatea glenoidă care se articulează cu capul humerusului formînd articulația scapulo-humerală.
		Unghiul superomedial	Oferă inserție mușchiului ridicător al scapulei.
		Unghiul inferior	Oferă inserție cîtorva fascicule din marele dorsal

Scheletul membrului superior liber

Osul	Forma, situaţie	Elemente anatomice	Detalii
1	2	3	4
1. *Humerusul* (figura 29)	Os lung, formează scheletul braţului.	Epifiza proximală	— Capul humerusului se articulează cu cavitatea glenoidă a scapulei. — Marea şi mica tuberozitate oferă inserţii musculare şi se prelungesc în jos cu creasta marei tuberozităţi şi respectiv a micii tuberozităţi. — Colul anatomic desparte capul humerusului de cele două tuberozităţi.
		Diafiza	Este cilindrică în partea superioară şi triunghiulară în partea inferioară. Pe faţa posterioară se află şanţul de torsiune al humerusului.
		Epifiza distală	Prezintă două suprafeţe articulare — una în formă de mosoraş — trohleea humerusului — care se articulează cu ulna — alta sferică —, condilul humerusului, care se artificulează cu radiusul. Deasupra trohleei se află foseta coronoidă iar deasupra condilului, fosseta radială.
2. *Ulna* (fig. 30)	Este osul fix şi intern al scheletului antebraţului.	Epifiza proximală	Prezintă o incizură numită incizura ulnei care se articulează cu trohleea humerusului. Posterior şi superior de incizura ulnei se află olecranul, iar anterior şi inferior, procesul coronoid al ulnei. Pe faţa laterală a epifizei proximale este incizura radială a ulnei, care se articulează cu circumferinţa radiusului.
		Diafiza	Triunghiulară, prezentînd o faţă internă, anterioară şi una posterioară.
		Epifiza distalată	Prezintă capul ulnei care se articulează cu extremitatea distală a radiusului şi procesul stiloid.

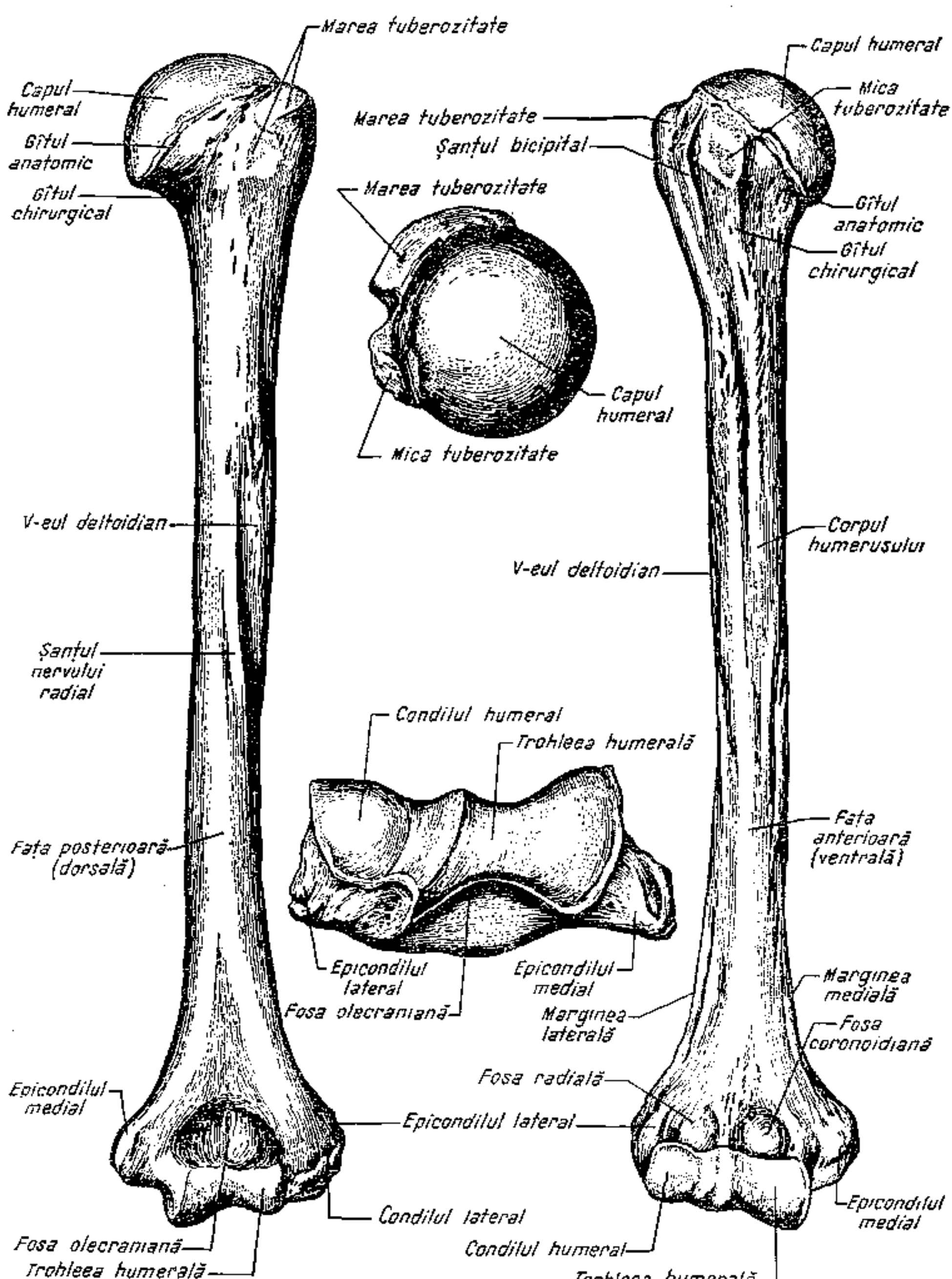


Fig. 29. Humerusul.

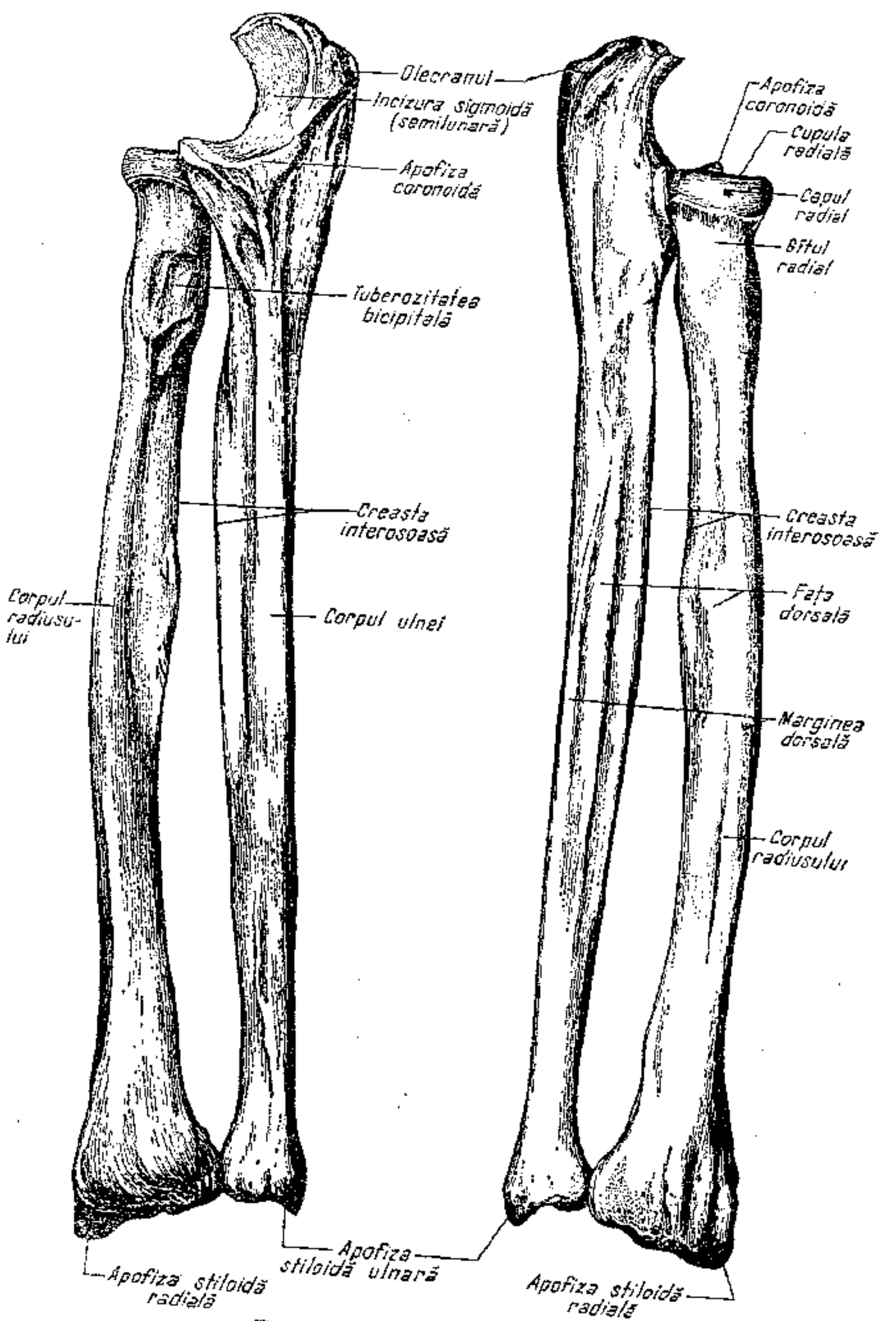


Fig. 30. Radiusul și ulna.

1	2	3	4
3. *Radiusul*	Este osul mobil și lateral al antebrațului	Epifiza proximală	Prezintă capul, colul și tuberozitatea radiusului. Capul prezintă superior foseta capului radiusului, care se articulează cu condilul humeral. Sub capul radiusului se remarcă colul iar inferior, tuberozitatea radiusului.
		Diafiza	Este triunghiulară, prezentînd o față anterioară, una posterioară și a treia laterală.
		Epifiza inferioară	Are aspect de piramidă trunchiată. Medial prezintă incizura ulnară care se articulează cu capul ulnei. Lateral are procesul stiloid. Inferior se articulează cu osul scafoid și semilunar.
4. *Oasele carpiene* (fig. 31)	8 oase scurte, pe două rînduri	În rîndul proximal, dinafară spre înăuntru, se află oasele: scafoid, semilunar, piramidal și pisiform. În rîndul distal, dinafară spre înăuntru, sînt oasele: trapez, trapezoid, osul mare și osul cu cîrlig.	
5. *Oasele metacarpiene*	Sînt în număr de 5, numerotate de la I la V, dinspre lateral spre medial	Baza	Se articulează cu oasele din rîndul distal.
		Corpul	Aspect triunghiular. Prezintă o față dorsală, una laterală și a treia medială.
		Capul	Rotunjit. Se articulează cu baza falangei I (proximală).
6. *Oasele degetelor* (falangele)	Degetele II—V au cîte 3 falange: I (proximală), II (medie), III (distală). Degetul I are numai două. Falanga distală corespunde unghiilor.	Bază Corp Cap	— concavă — turtit — convex

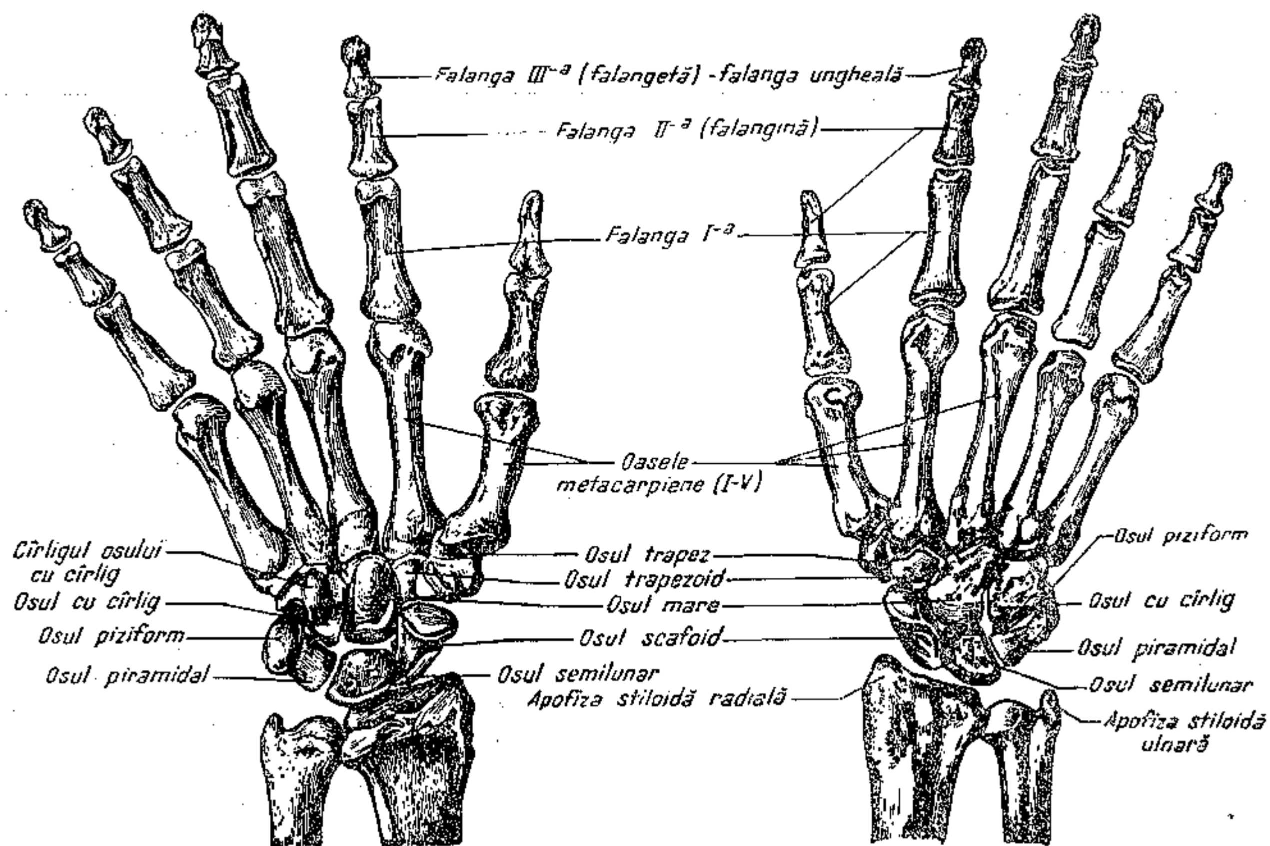


Fig. 31. Oasele mîinii.

Centura pelviană

Numele	Situație	Elemente anatomice	Detalii
1	2	3	4
Osul coxal. Format din 3 oase: ileonul, în partea superioară, pubele, anterior și ischionul, posterior. Se sudează între ele la pubertate. Cele 2 coxale se articulează anterior formînd simfiza pubiană iar posterior cu sacrul, formînd articulația sacroiliacă (fig. 32).	Pe părțile laterale ale bazinului osos	Fața laterală	În centru se află cavitatea acetabulară. Superior de cavitatea acetabulară se află fața externă a ileonului pe care se află linia fesieră posterioară și cea anterioară. Între aceste linii își au originea cei trei mușchi fesieri. Sub cavitatea acetabulară se află gaura obturată.
		Fața medială	Prezintă linia arcuată, îndreptată oblic de sus în jos și dinapoi înainte. Deasupra liniei arcuate se află fosa iliacă. Sub linia arcuată se află tuberozitatea iliacă, suprafața auriculară a osului coxal și o suprafață plană care corespunde cavității acetabulare.
		Marginea superioară	Este reprezentată de creasta iliacă, ce are forma de „S" culcat.
		Marginea inferioară	Prezintă un segment anterior care se articulează cu coxalul opus formînd simfiza pubiană și un segment posterior, reprezentat de ramura ischiopubiană.
		Marginea anterioară	Prezintă, de sus în jos, spina iliacă antero-superioară, spina iliacă antero-inferioară, eminența ileopubiană, creasta pectineală și tuburculul public.
		Marginea posterioară	Prezintă de sus în jos: spina iliacă postero-superioară, spina iliacă postero-inferioară, marea scobitură ischiadică, spina ischiadică, mica scobitură ischiadică și tuberozitatea ischiadică.

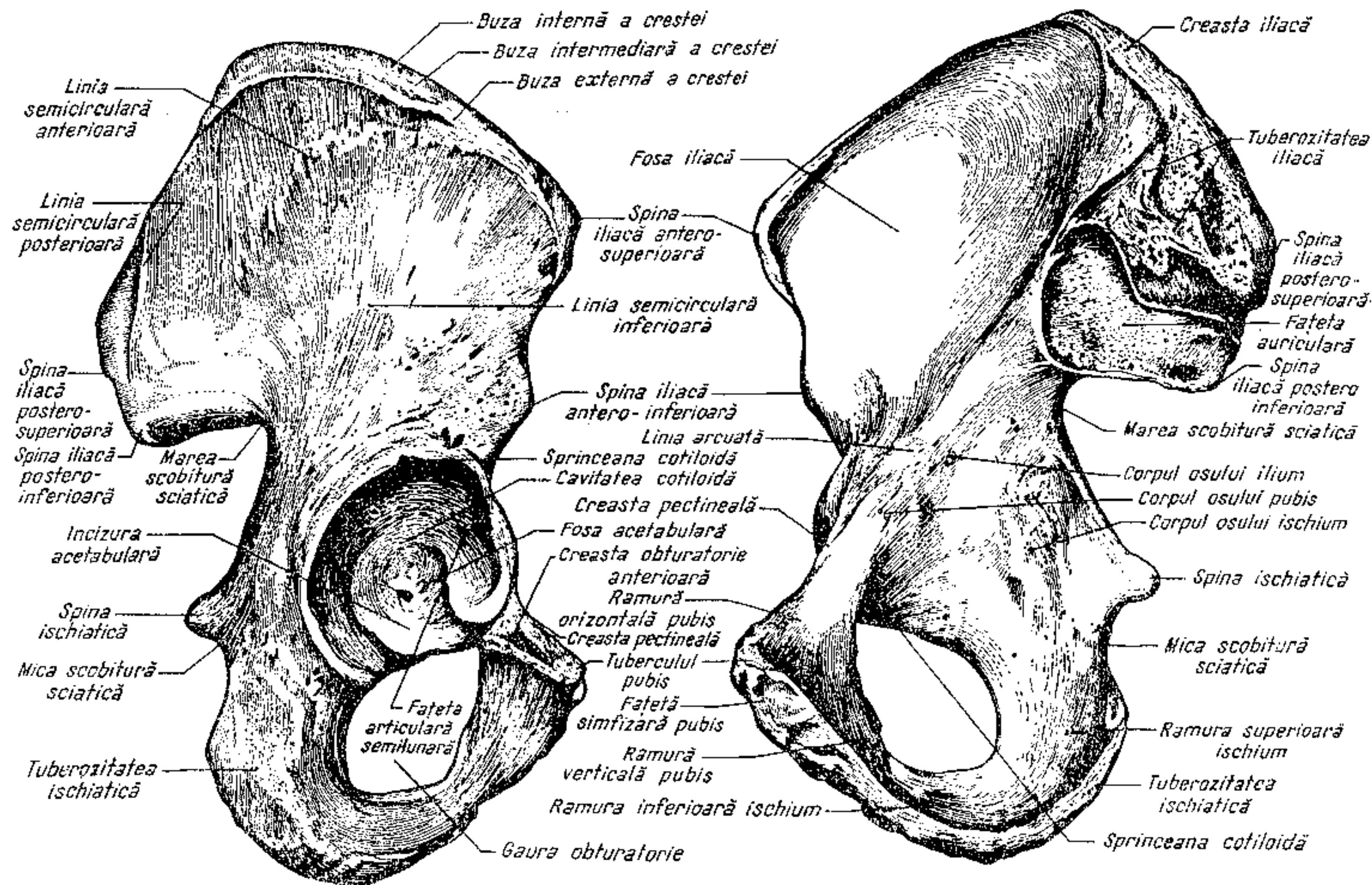


Fig. 32. Osul coxal.

Scheletul membrului inferior liber

Numele	Situația	Elemente anatomice	Detalii
1	2	3	4
1. *Osul femur* (fig. 33)	Os lung, care formează scheletul coapsei	Epifiza proximală	Prezintă capul femurului, colul și două tuberozități (marele și micul trohanter). Capul are forma a 2/3 de sferă și se articulează cu cavitatea acetabulară a coxalului. Marele și micul trohanter sînt uniți anterior prin linia intertrohanterică iar posterior, prin creasta intertrohanterică.
		Diafiza	Este prismatic, prezentînd o față anterioară, una medială și alta laterală. La unirea fețelor medială și laterală, se observă linia aspră care, în sus se trifurcă iar în jos se bifurcă.
		Epifiza distală	Prezintă două suprafețe articulare numite condilii femurali. Anterior, între cei doi condili se află suprafața patelară, care corespunde patelei iar posterior, fosa intercondiliană. Deasupra condilului medial se află epicondilul medial iar deasupra condilului lateral, epicondilul lateral.
2. *Patela* (rotula)	Este un os scurt, turtit, aflat în tendonul mușchiului cvadriceps.	Fața anterioară	— Este convexă
		Fața posterioară	— Se articulează cu suprafața patelară a femurului
		Marginea medială Marginea laterală	— Ambele convexe
		Baza rotulei	Privește în sus
		Vîrful rotulei	Orientat în jos

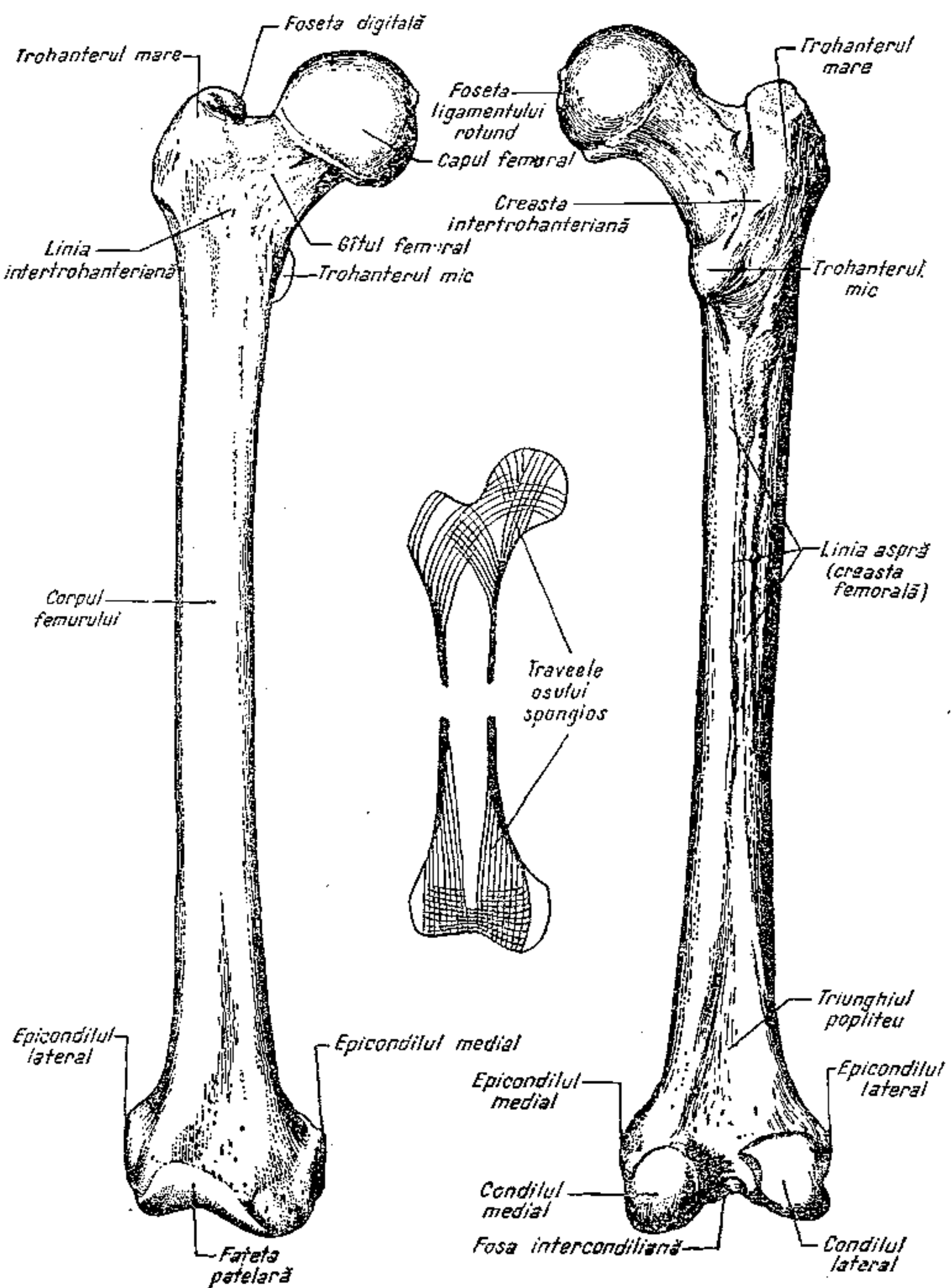


Fig. 33. Osul femur.

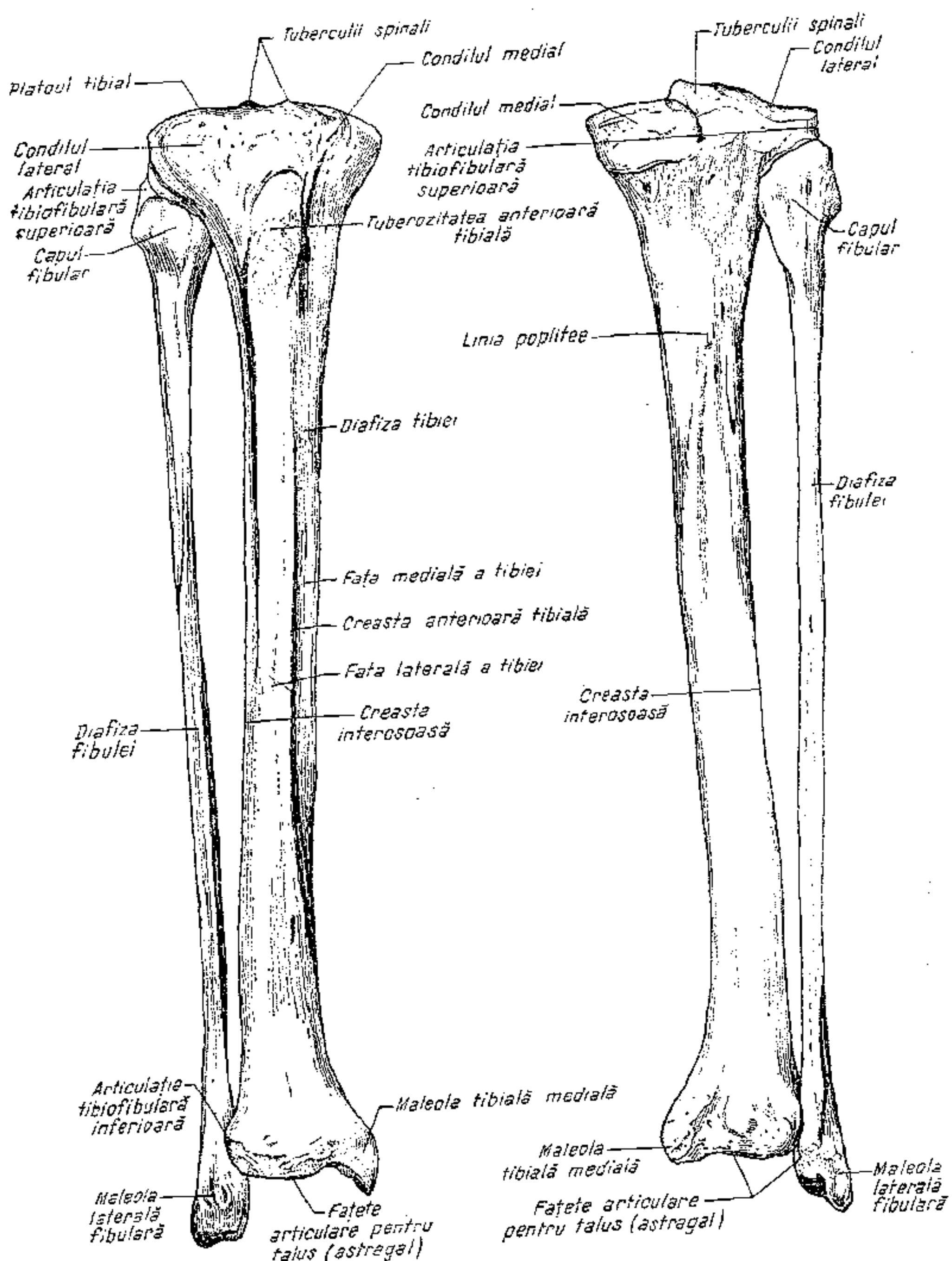


Fig. 34. Oasele gambei.

1	2	3	4
3. *Tibia* (fig. 34)	Participă la formarea scheletului gambei, fiind plasată medial	Epifiza proximală	Este voluminoasă și prezintă 2 condili. Fiecare condil are o față superioară ce corespunde condililor femurali și o circumferință. Pe circumferința condilului lateral se află o suprafață articulară pentru capul fibulei. În partea anterioară a epifizei proximale se află tuberozitatea tibială.
		Diafiza	Are formă triunghiulară prezentînd o față medială, una laterală și alta posterioară. Fața posterioară prezintă o creastă oblică numită linia solearului. Marginea anterioară este ascuțită (creasta tibiei).
		Epifiza distală	Prezintă o suprafață articulară pentru talus, plasată inferior. Medial, se prelungește cu maleola tibiei iar lateral prezintă o suprafață de articulație pentru tibie.
4. *Fibula*	Participă la formarea scheletului gambei, fiind situată lateral	Epifiza proximală	Este reprezentată de capul fibulei care prezintă o suprafață de articulare pentru tibie. Capul se prelungește în sus cu vîrful capului fibular.
		Diafiza	Este triunghiulară, prezentînd o față laterală, una medială și alta posterioară.
		Epifiza distală	Este formată de maleola fibulară care prezintă o suprafață de articulare pentru tibie și alta pentru talus. În partea posterioară se află fosa maleolei fibulare.
5. *Oasele tarsiene* (fig. 35)	Sînt 7 oase dispuse în două rînduri. Rîndul posterior, format din două oase (talusul în sus și calcaneul în jos); rîndul anterior, 5 oase: cuboidul, navicularul și 3 cuneiforme.	Talusul	Se articulează în sus cu tibia și fibula, în jos cu calcaneul iar anterior cu navicularul.
		Calcaneul	Se articulează în sus cu talusul iar anterior cu cuboidul.
		Navicularul	Se articulează înapoi cu talusul iar anterior cu cele 3 cuneiforme.

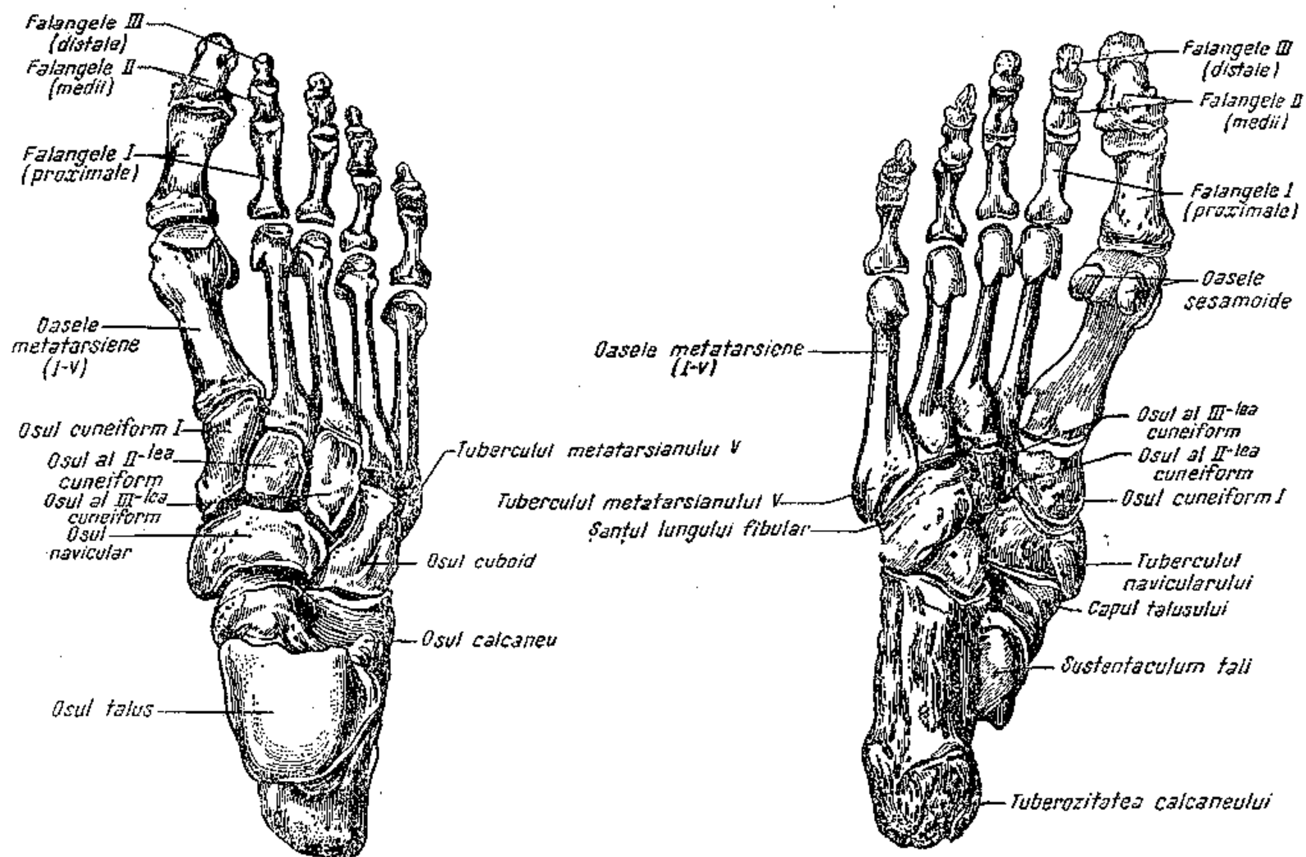


Fig. 35. Oasele piciorului.

1	2	3	4
		Cuboidul Cele 3 cuneiforme	Se articulează înapoi cu calcaneul iar anterior cu baza metatarsienelor IV și V. Se articulează înapoi cu navicularul iar anterior cu baza metatarsienelor I, II și III.
6. *Oasele metatarsiene*	Sînt numerotate de la I la V, mergînd dinspre medial spre lateral. Fiecare metatarsian prezintă o bază, un corp și un cap.	Baza Corpul Capul	Se articulează cu oasele tarsiene. Este triunghiular, avînd o față dorsală, alta laterală iar cea de a treia medială. Se articulează cu falanga proximală.
7. *Oasele degetelor*	Degetele sînt numerotate de la I la V, dinspre partea medială spre partea laterală: primul deget, haluce; degetele II—V au cîte trei falange, iar halucelele numai două.	Baza Corp Cap	— Concavă — Turtit — Convex

II. ARTICULAȚIILE

Articulațiile sînt organe de legătură între oase, fiind sediul mișcărilor. După gradul de mobilitate, articulațiile se împart în sinartroze și diartroze (amfiartroze și artrodii).

Sinartrozele

Sînt articulații fixe, imobile și nu posedă cavitate articulară. În acest tip de articulații se execută mișcări foarte reduse. După tipul țesutului care se interpune între cele două oase care se articulează, distingem mai multe tipuri de sincondroze:

a. Sindesmozele

Sînt articulații în care, între cele două oase se interpune țesutul fibros; menționăm în acest sens articulația dintre oasele coxale și sacru, unite prin ligamente interosoase puternice. Tot în cadrul sindesmozelor menționăm suturile — care sînt articulații pe care le întîlnim la craniu. Oasele sînt articulate între ele, dar sînt despărțite printr-un strat subțire de țesut fibros.

Se descriu trei tipuri de suturi:

a. *sutura dințată,* în care suprafețele osoase prezintă dinți de fierăstrău care se întrepătrund (sutura fronto-parietală, între scuama osului frontal și oasele parietale, sutura sagitală dintre cele două oase parietale, sutura parieto-occipitală dintre scuama osului occipital și oasele parietale);

b. *sutura solzoasă* (scuamoasă), în care cele două oase care se articulează sînt tăiate oblic (sutura parieto-temporală dintre oasele parietale și scuama temporalului);

c. *sutura plană* — în care oasele se articulează prin margini regulate (sutura dintre cele două oase nazale).

Sincondrozele sînt articulații în care, între cele două oase care se articulează se interpune o lamă de țesut cartilaginos (articulația dintre porțiunea bazilară a occipitalului și corpul osului sfenoid sau sincondroza pieselor osoase care alcătuiesc osul coxal). Tot în categoria sincondrozelor menționăm și simfizele, unde între cele două oase se interpune țesut fibrocartilaginos (simfiza pubiană dintre oasele pubiene).

Sinostozele

Rezultă prin osificarea sindesmozelor și a sincondrozelor la oamenii în vîrstă.

Diartrozele

Sînt articulații care posedă un grad variabil de mobilitate și se împart în amfiartroze (articulații semimobile) și artrodii (articulații mobile).

a. Amfiartrozele

Sînt articulații cu suprafețe articulare plane sau ușor concave (articulațiile dintre corpurile vertebrale care se fac prin interpunerea discurilor intervertebrale. Aceste articulații sînt semimobile.

b. Artrodiile sînt articulații sinoviale, cu o mare mobilitate. Elementele unei artrodii (vezi tabel).

Elementele unei artrodii

Suprafețe articulare	Capsula articulară	Membrana sinovială	Cavitatea articulară	Ligamente articulare
1	2	3	4	5
— Pot fi *sferice* (capul humerusului, condilul radiusului, capul femurului), *concave* (cavitatea glenoidă a scapulei, cavitatea acetabulară, cupușoara radiusului), *în formă de mosoraș* (trohleea humeru-	— Prezintă un strat extern fibros și unul intern, reprezentat de membrana sinovială. — Capsula articulară are forma unui manșon care se inseră pe ambele extremități osoase.	— Reprezintă stratul profund al capsulei articulare și se prezintă ca o foiță subțire, lucioasă, care aderă de suprafața capsulei articulare. — Secretă sinovia, lichid gălbui, vîscos, unsuros, cu rol în	— Este un spațiu virtual, cuprins între capetele osoase care se articulează și capsula articulară. — Conține o cantitate mică de lichid sinovial. — Prezența unei presiuni negative în cavitatea articula-	— Sînt formațiuni fibroase care se inseră pe cele două oase ale unei articulații, contribuind la menținerea în contact a suprafețelor articulare. — Cînd între suprafețele care se articu-

1	2	3	4	5
sului), *plane* (platoul tibial). — Suprafețele articulare sînt acoperite de cartilagiu articular, format din țesut cartilaginos hialin, fără nervi și vase de sînge. — Cartilagiul are rol de tampon, amortizînd presiunea exercitată de greutatea corpului și rol de protecție, ușurînd alunecarea oaselor în timpul mișcărilor. — Distrugerea cartilagiului articular duce la dispariția mișcărilor dintr-o articulație (anchiloză).	Capsula este mai redusă și mai puțin rezistentă în articulații cu mobilitate mare și de grosime apreciabilă în articulațiile cu mobilitate redusă. Există și articulații mobile, care au o capsulă groasă (articulația șoldului). — Rolul capsulei este de a proteja articulațiile de procesele patologice periarticulare și de a împiedica răspîndirea lichidului sinovial în țesuturile vecine.	mișcările articulare. — Membrana sinovială acoperă și formațiuni intracapsulare (tendoane, ligamente, discuri intraarticulare)	ră, cît și presiunea atmosferică participă la menținerea în contact a suprafețelor articulare.	lează există nepotriviri, apar diferite formațiuni fibro-cartilaginoase, realizînd potrivirea suprafețelor articulare (meniscul articular din articulația genunchiului sau discul articular din articulația temporo-mandibulară.

La nivelul unei articulații mobile, mișcările depind de forma suprafețelor articulare. Ele se pot realiza în jurul unui ax, a două sau trei axe.

Tipuri de mișcări în articulații

Flexie-Extensie	Abducție-Adducție	Rotație	Circumducție	Pronație/Supinație
— Mișcări de apropiere sau îndepărtare a două segmente alăturate. — Se fac în jurul unui ax transversal.	Se fac în jurul unui ax transversal. — Prin adducție se realizează apropierea față de axul median al corpului, iar prin abducție, îndepărtarea față de axul median.	Mișcare realizată în jurul axului care trece prin lungul segmentului ce se deplasează; poate fi externă sau internă, după cum segmentul se rotește spre corp sau înafară.	Este mișcarea complexă care totalizează flexia, extensia, abducția, adducția și le asociază cu rotația.	Pronația este mișcarea de rotație a mîinii, prin care policele se rotește medial, palma privind în jos (spate) iar supinația este mișcarea inversă. La picior, cînd planta privește spre lateral și marginea externă a piciorului se ridică, se realizează pronația, iar supinația se realizează invers.

III. FIZIOLOGIA OASELOR

Oasele sînt piese rigide, componente ale scheletului. Ele îndeplinesc numeroase *roluri funcționale:*

1. Rol de pîrghii ale aparatului locomotor. Asupra lor acționează mușchii asigurînd susținerea și locomoția corpului.

2. Rol de protecție a unor organe vitale.

— cutia craniană pentru creier;

— canalul rahidian pentru măduva spinării;

— cutia toracică pentru inimă și plămîni etc.

3. Rol antitoxic. Oasele rețin numeroase substanțe toxice (Hg, Pb, F), pătrunse accidental în organism și le eliberează treptat fiind eliminate renal. În felul acesta concentrația sangvină a toxicului nu crește prea mult și sînt prevenite efectele negative asupra altor organe.

4. Rol de sediu principal al organelor hematopoetice. La copii, toate oasele, iar la adult oasele late, conțin măduva roșie, hematogenă.

5. Rol în metabolismul calciului, fosforului și electroliților. Oasele reprezintă principalul rezervor de substanțe minerale al organismului.

COMPOZIȚIE CHIMICĂ

Osul conține 20 g% apă și 80 g% reziduu uscat. Din acesta, substanțele minerale reprezintă 50 g iar cele organice 30 g.

Principalii *componenți minerali* ai osului sînt calciul și fosforul. Ei formează săruri complexe, ce se depun sub formă de microcristale de hidroxiapatită, la nivelul fibrelor de colagen din os. Oasele mai conțin carbonați, floruri și săruri de Na^+, K^+ și Mg^{++}. Cea mai mare parte a sărurilor din os sînt greu mobilizabile. Din cele 1 200 g calciu conținut în oasele corpului, numai 3—4 g participă la schimbul cu mediul intern, restul reprezintă depozite fixe, care se mobilizează mai lent. Oasele pot conține și unele elemente pătrunse întîmplător în corp. Dintre acestea un pericol mare îl prezintă stronțiul radioactiv care, acumulîndu-se în os, produce prin iradierea măduvei hematogene anemii foarte grave.

Componenta organică principală a osului a fost numită *oseină*. Este formată din două părți:

— o proteină fibrilară (colagen);

— o glicoproteină (mucopolizaharid).

Fibrele de colagen formează o rețea proteică, asemănătoare fierului din plăcile de beton armat, înconjurată de componenta mucopolizaharidică ce reprezintă substanța fundamentală a țesutului osos. Aceasta se impregnează cu săruri minerale. În afară de oseină, mai întîlnim substanțele proteice obișnuite ce alcătuiesc celulele osoase.

METABOLISMUL OSULUI

La nivelul oaselor au loc procese metabolice similare celorlalte organe. O particularitate metabolică o constituie marea afinitate a substanței fundamentale față de sărurile minerale.

Procesele metabolice din os au loc pe două direcții:

1. Sinteza oseinei se desfășoară la nivelul ribozomilor osteoblastelor. Pentru aceasta este necesar un aport sangvin de aminoacizi, oxigen și substanțe energetice. Ritmul sintezei oseinei este influențat de glandele endocrine. Hipofiza prin hormonul somatotrop, gonadele și tiroida prin hormonii lor, măresc ritmul sintezelor proteice din os (rol anabolizant). Glucocorticoizii, dimpotrivă, stimulează activitatea osteoclastelor care distrug structura proteică a osului. Efecte asemănătoare are și parathormonul secretat de paratiroide. Ritmul sintezei oseinei scade cu vîrsta. După sinteză, aceste proteine sînt eliminate în spa-

țiul pericelular unde se definitivează organizarea spațială a fibrelor de colagen și are loc impregnarea minerală ce duce la formarea lamelelor osoase.

2. **Mineralizarea oseinei** este un proces guvernat de legi fizico-chimice. Rolul cel mai important în acest proces îl joacă afinitatea substanței fundamentale a osului pentru sărurile fosfo-calcice și concentrația calciului și a fosforului din sînge. Procesul de mineralizare se află în echilibru permanent cu un proces de sens contrar, numit demineralizare. Prevalența unuia sau altuia depinde de echilibrul fosfo-calcic din sînge. Normal, valoarea calcemiei este 10 mg iar a fosfatemiei, 3,5 mg%. Concentrațiile acestor două minerale la nivelul sîngelui sînt menținute în limite strînse de variație, datorită intervenției unui mecanism neuro-endocrin de reglare a metabolismului fosfo-calcic. Acest mecanism asigură constanța compoziției mediului intern în Ca și P, influențînd absorbția intestinală, eliminarea renală și depunerea și mobilizarea lor din oase. Rolul cel mai important îl au parathormonul și calcitonina secretați de paratiroide (vezi glandele endocrine) și vitamina D.

Și celelalte glande endocrine influențează într-un sens sau altul mineralizarea osului. Acțiune mineralizantă au hormonii sexuali, somatotropul, timusul și epifiza iar acțiune demineralizantă, ACTH și glucocorticoizii.

Rolul vitaminei D. Echilibrul calciului și fosforului în organism depinde de absorbția intestinală, de excreția renală și de mobilizarea și depunerea osoasă a acestor doi ioni. Ionii de Ca se absorb foarte greu din intestinul subțire. Absorbția lor este favorizată de prezența, la nivelul marginii în perie, a celulelor intestinale a unei proteine care leagă Ca^{++} și-l transportă din intestin în sînge. Ionii de fosfat se absorb relativ ușor, absorbția lor fiind facilitată de absorbția crescută a Ca^{++}.

Vitamina D determină sinteza, la nivelul celulelor intestinale, a proteinei transportoare de Ca^{++}. Prin acest efect, vitamina D asigură importul de calciu din mediul extern.

Rolul parathormonului. Parathormonul acționează la nivelul rinichiului (tubul colector distal), producînd reabsorbția calciului și eliminarea fosfaților. Un alt efect al PTH este de a cataliza formarea în rinichi a 1,25 dihidroxicolecalciferolului, forma activă a vitaminei D_3.

Al 3-lea mecanism de acțiune al parathormonului este prin stimularea activității osteoclastelor. Are loc un proces de resorbție osoasă, urmat de creșterea calcemiei.

Vitamina D_3 (colecalciferol) se sintetizează în piele, prin acțiunea razelor ultraviolete asupra unui derivat al colesterolului. Activitatea biologică a vitaminei D_3 este slabă, dar poate crește în urma unei duble hidroxidări cu formarea 1,25 dihidroxicolecalciferolului.

Rolul calcitoninei. Calcitonina favorizează formarea de țesut osos prin stimularea activității osteoblaștilor. Are loc o depunere de Ca și P în oase, cu scăderea concentrației plasmatice a acestora.

Mecanismul depunerii Ca în oase

Concentrația ionilor de Ca și fosfat din lichidele extracelulare este cu mult peste limita critică de cristalizare. Cu alte cuvinte, mediul intern este o soluție suprasaturată de ioni de Ca și fosfat. Faptul că aceștia nu precipită masiv cu formare de cristale de hidroxiapatită în toate țesuturile, se datorește prezenței, în lichidele extracelulare, a unor inhibitori care asigură stabilitatea soluției fosfo-calcice. Unul dintre aceștia este molecula de pirofosfat, prezentă în toate țesuturile, cu excepția celui osos. Aici osteoblastele secretă o substanță care neutralizează pirofosfatul și permite precipitarea și depunerea fosfatului tricalcic în fibrele de colagen.

Mecanismul mobilizării Ca și P din os (demineralizarea sau resorbția osului). Rolul cel mai important în acest proces îl au osteoclastele. Ele secretă enzime proteolitice lizozomale care digeră fibra de colagen. De asemenea, osteoclastele produc o serie de acizi organici (citric, lactic) care solubilizează cristalele de hidroxiapatită.

IV. SISTEMUL MUSCULAR (ANATOMIE)

Sistemul muscular este format din mușchi care sînt organe active ale mișcării. Acest rol este realizat de către musculatura scheletică (somatică), ce are în structura sa țesut muscular striat. Mușchii au forme variate. Se descriu mușchi fuziformi (biceps, triceps), mușchi triunghiulari (piramidal al abdomenului), mușchi de formă patrulateră (marele drept abdominal și marele dorsal), în formă de cupolă (diafragma), în formă de trapez (mușchiul trapez), mușchi circulari (orbicularul buzelor și al pleoapelor). Tot formă circulară au și sfincterele (sfincterul extern al anusului și al uretrei).

După dimensiunea care predomină, distingem mușchi lați (marele drept abdominal, mușchii oblici extern și intern, mușchiul transvers al abdomenului) care au tendoane lățite numite aponevroze, mușchi lungi (mușchii de la braț, antebraț, coapsă și gambă) și mușchi scurți (mușchii din palmă și plantă).

După numărul capetelor care se prind pe os, pot fi cu un singur capăt pe os (mușchii pieloși) celălalt capăt inserîndu-se pe piele, cu două capete (mușchiul biceps), cu trei capete (mușchiul triceps), cu patru capete (mușchiul cvadriceps).

Structura mușchiului

Mușchii scheletici prezintă o porțiune centrală musculară, mai voluminoasă, numită corpul mușchiului (pîntecele) și două extremități de culoare alb-sidefie, numite tendoane, care au în structura lor țesut fibros. Unul dintre tendoane, cel care se inseră pe osul fix se numește de origine, iar celălalt care se prinde pe osul mobil se numește de inserție. În general, originea este unică, dar se cunosc și mușchi cu mai multe origini (biceps, triceps, cvadriceps). Și inserția se face, în general, printr-un singur tendon, dar se cunosc și în acest caz mușchi cu mai multe tendoane de inserție (mușchiul semimembranos de la coapsă are trei tendoane). Corpul mușchiului este format din fibre musculare striate, care la unii mușchi pot atinge o lungime de 10—15 cm. La exteriorul corpului muscular se află o membrană conjunctivă, numită fascia mușchiului, care învelește atît corpul mușchiului cît și tendoanele. Sub aceasta se află o lamă de țesut conjunctiv — perimisium extern, care, de asemenea, învelește corpul mușchiului. Din acesta pornesc, în interior, septuri conjunctive numite perimisium intern, din care se detașează o teacă de țesut conjunctiv numită endomisium, care învelește fibrele musculare striate.

Mușchiul are o bogată vascularizație, asigurată de ramurile musculare ale diferitelor artere care însoțesc mușchiul. Din aceste ramuri musculare se desprind arteriole care pătrund prin septurile conjunctive și duc, spre miofibrile, sînge încărcat cu O_2 și substanțe nutritive. Sîngele cu CO_2 și produsele de dezasimilație rezultate în urma metabolismului muscular este colectat de vene satelite și omonime arterelor.

Inervația mușchiului este dublă, somatică și vegetativă. Inervația vegetativă simpatică determină, pe căi eferente, reacții vasomotorii.

Inervaţia somatică senzitivă este asigurată de dendritele neuronilor somatosenzitivi din ganglionii spinali, care ajung la porţiunea ecuatorială (centrală) a fibrelor musculare din structura fusului neuromuscular, la corpusculii Vater Pacini din muşchi sau la corpusculii tendinoşi Golgi.

Inervaţia somatică motorie este asigurată de axonii neuronilor somatomotori α (alfa), situaţi în cornul anterior al măduvei, care ajung la fibra musculară striată, formînd placa motorie, sau de către axonii neuronilor somatomotori γ (gama), cu aceeaşi localizare şi care ajung la porţiunea periferică a fibrelor musculare din structura fusului neuromuscular. Placa motorie este considerată o sinapsă specială (sinapsă neuroefectorie) şi are în structura sa două componente — una nervoasă — componenta presinaptică şi alta musculară — componenta postsinaptică.

Componenta presinaptică este reprezentată de butonii terminali ai fibrei nervoase (axonul neuronilor α (alfa) din cornul anterior al măduvei) care pătrund în nişte adîncituri ale sarcoplasmei fibrei musculare striate. Butonii terminali conţin vezicule cu acetilcolină.

Componenta postsinaptică este reprezentată de sarcoplasmă, lipsită la acest nivel de miofibrile, dar care conţine mulţi nuclei şi numeroase mitocondrii. La om, fiecare fibră musculară are, în general, cîte o placă motorie.

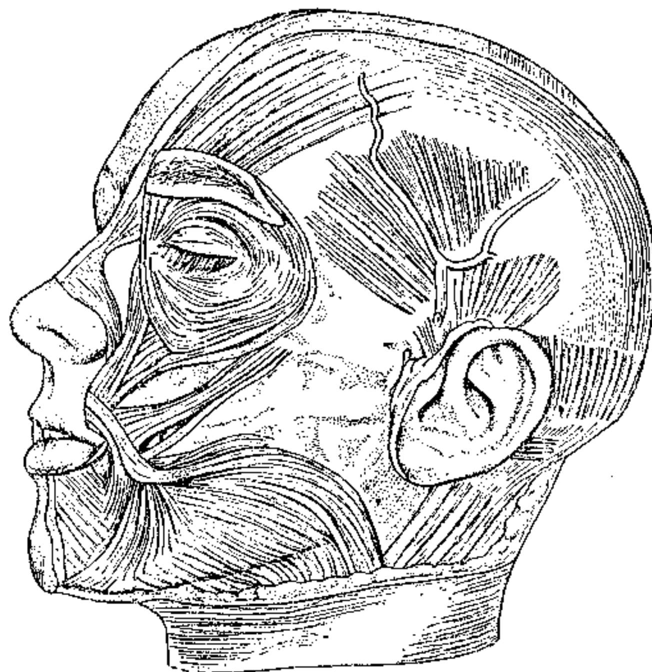


Fig. 36. Muşchii superficiali ai capului.

Principalele grupe de muşchi somatici

Muşchii somatici sînt grupaţi în muşchii: capului, gîtului, trunchiului şi membrelor.

Muşchii capului

La cap se descriu două categorii de muşchi — *muşchii mimicii* care, prin contracţia lor, determină diferite expresii ale feţii şi muşchii masticatori, care intervin în realizarea actului masticaţiei (fig. 36).

1. MUŞCHII MIMICII

Se mai numesc şi muşchi cutanaţi, deoarece unul din capetele lor se prinde pe piele. Sînt inervaţi de nervul facial şi sînt grupaţi în jurul orificiilor orbitare, nazale şi bucal.

Principalele grupe de mușchi ai mimicii

Numele mușchiului	Localizare	Acțiune
Frontal	la nivelul frunții	încrețește pielea frunții
Sprîncenos	între sprîncene	determină cute între sprîncene
Trei auriculari (anterior, superior, posterior)	în jurul pavilionului urechii	atrofiați la om
Occipital	în regiunea occipitală	încrețește pielea regiunii occipitale
Zigomatic (mare și mic)	în dreptul pomeților obrazului	ridică buza superioară
Pătratul și triunghiularul buzelor	la nivelul bărbiei	coboară buza inferioară
Mental	la nivelul bărbiei	determină gropița din bărbie
Orbicularul ochiului	în jurul orbitei	închide pleoapele
Orbicularul buzelor	în jurul orificiului bucal	închide orificiul bucal, apropiind buzele între ele
Buccinator	la nivelul obrazului	intervine în fluierat și este dezvoltat la suflători în trompetă

2. MUȘCHII MASTICATORI

Se inseră cu un capăt pe oasele bazei craniului și cu celălalt pe mandibulă. Sînt inervați de nervul trigemen.

Numele mușchiului	Origine	Inserție	Acțiune
Maseter	arcada zigomatică	ramura mandibulei (fața externă)	ridică mandibula; intervine în mișcările de lateralitate și antepulsie.
Temporal	scuama osului temporal	procesul coronoid al mandibulei	ridică mandibula și intervine în retropulsie.
Pterigoidian intern	procesul pterigoid al sfenoidului	ramura mandibulei (fața internă)	ridică mandibula, intervine în antepulsie și în mișcările de lateralitate.
Pterigoidian extern	procesul pterigoid al sfenoidului	colul mandibulei	intervine în mișcările de lateralitate și determină antepulsia mandibulei. Intervine și în coborîrea mandibulei.

Mișcarea de coborîre a mandibulei este efectuată de mușchii suprahioidieni (digastric și milohioidian).

Mușchii gîtului

În regiunea anterolaterală a gîtului se află o serie de mușchi, pe mai multe planuri care, dinspre suprafață spre profunzime, sînt (fig. 37):

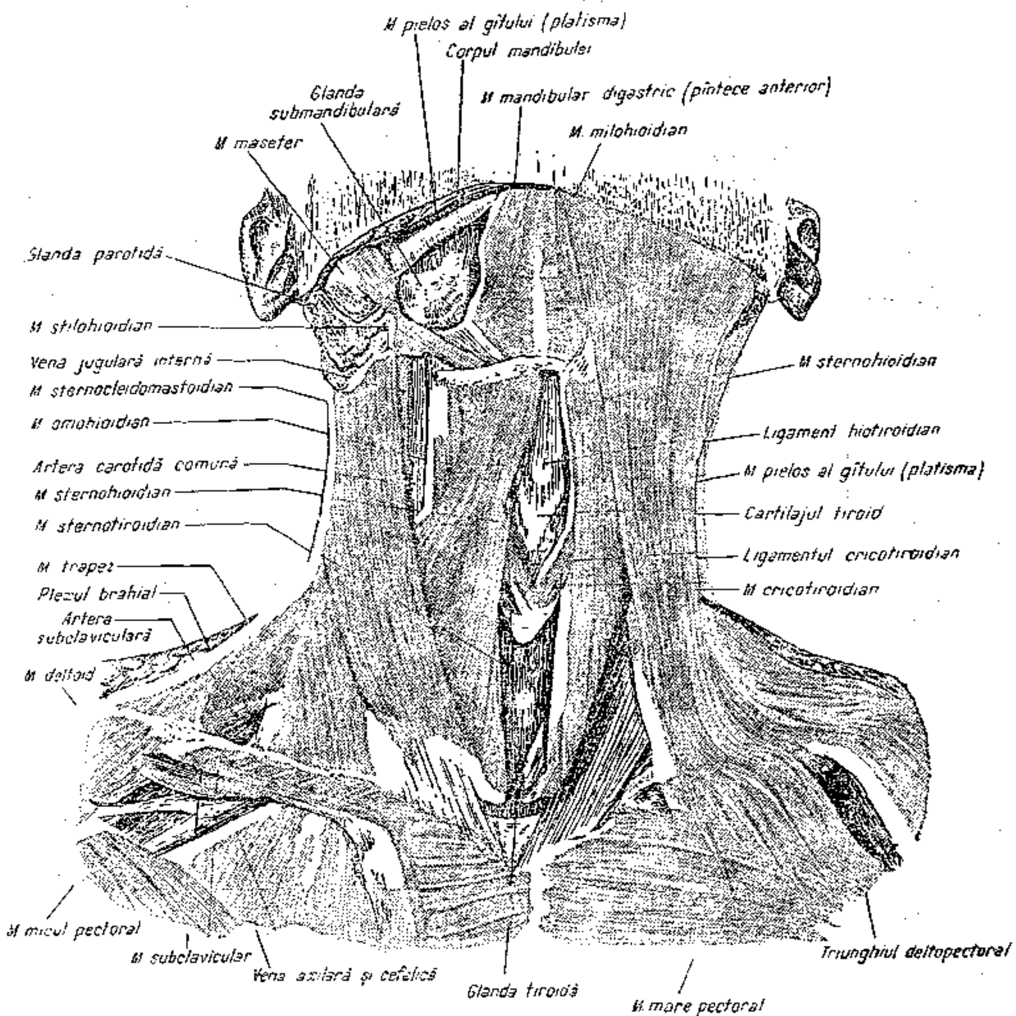


Fig. 37. Mușchii anteriori ai gîtului.

Numele mușchiului	Origine	Inserție	Acțiune	Inervație
1	2	3	4	5
1. *Platisma*, situat imediat sub piele	pe pielea din regiunea supraclaviculară	pe pielea obrazului și pe comisura bucală	coboară buzele (dispreț, frică), și ridică pielea gîtului	n. facial
2. *Sternocleidomastoidian*	pe stern și claviculă	pe procesul mastoid	cînd se contractă unilateral înclină capul de aceeași parte și îl rotește spre partea opusă. În contracția bilaterală este flexor al capului	n. accesor
3. *Suprahioidieni:* — *digastric*, cu două pîntece unite printr-un tendon intermediar	pîntecele posterior își are originea pe mastoidă	pîntecele anterior se prinde pe mandibulă	coboară mandibula	nervul trigemen pt. pîntecele anterior și nervul facial pt. pîntecele posterior
— *stilohioidian*	procesul stiloid	osul hioid	ridică hioidul în deglutiție	n. facial
— *milohioidian*	pe corpul mandibulei (linia milohioidiană)	osul hioid	coboară mandibula	n. trigemen
— *geniohioidian*	pe spina mentală a mandibulei	osul hioid	coboară mandibula și ridică osul hioid	n. hipoglos
4. *Infrahioidieni:* — *sternotiroidian*	pe fața posterioară a sternului și claviculă	osul hioid	coboară osul hioid	ansa cervicală formată din nervul hipoglos și plex cervical
— *tirohioidian*	pe cartilagiu tiroid	osul hioid	coboară hioidul și ridică laringele	
— *sternohioidian*	pe manubriu sternal	pe cartilagiu tiroid	coboară laringele	
— *omohioidian* (are 2 pîntece: superior și inferior)	pîntecele inferior se prinde pe marginea superioară a scapulei	pîntecele superior se prinde pe hioid	coboară hioidul	
5. *Scaleni* (anterior, mijlociu, posterior)	pe procesele transversare ale vertebrelor cervicale (C_3—C_7)	coasta I și II	înclină coloana cervicală de aceeași parte și ridică toracele (m. inspiratori accesori)	Plex cervical

1	2	3	4	5
6. *Muşchii prevertebrali:* — *lung al capului*	apofize transverse vertebre (C_3—C_6)	apofiza bazilară a occipitalului	flexori ai capului	plex cervical
— *lung al gîtului*	corpurile primelor vertebre toracale şi ale ultimilor vertebre cervicale	tuberculul anterior al atlasului		
— *drept anterior al capului*	masa laterală a atlasului	apofiza bazilară a osului occipital		

Muşchii trunchiului

Muşchii trunchiului se grupează în: muşchii spatelui şi ai cefei, muşchii anterolaterali ai toracelui şi muşchii anterolaterali ai abdomenului (fig. 38 şi 39).

Muşchii spatelui şi ai cefei

Muşchiul	Origine	Inserţie	Acţiune	Inervaţie
1	2	3	4	5
1. *Trapez* (are baza la coloana vertebrală şi vîrful la humerus)	apofizele spinoase ale vertebrelor cervicale şi toracale	clavicula, acromion şi spina scapulei	Cînd ia punct fix pe coloană ridică umărul, cînd ia punct fix pe centura scapulară, fibrele superioare înclină capul de partea respectivă iar cele inferioare contribuie la căţărare	nervul accesor
2. *Marele dorsal* (cel mai lat muşchi al corpului)	procesele spinoase ale ultimelor 6 vertebre toracale, ale vertebrelor lombare şi pe creasta sacrală mediană	pe humerus (şanţul intertubercular)	Cînd ia punct fix pe coloană coboară braţul şi îl roteşte înăuntru. Cînd ia punct fix pe inserţie ridică toracele (căţărare)	plex brahial

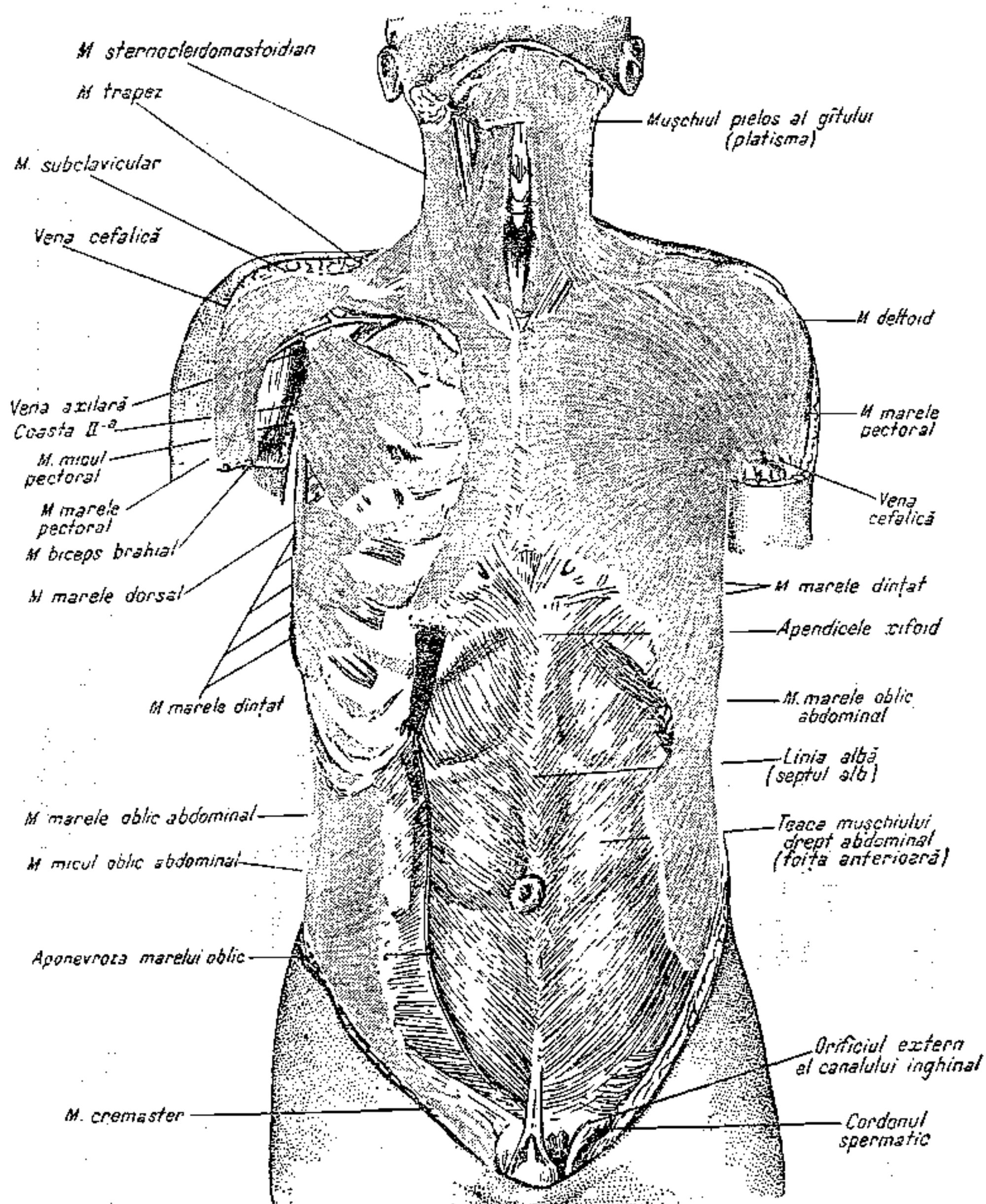


Fig. 38. Mușchii anteriori ai trunchiului.

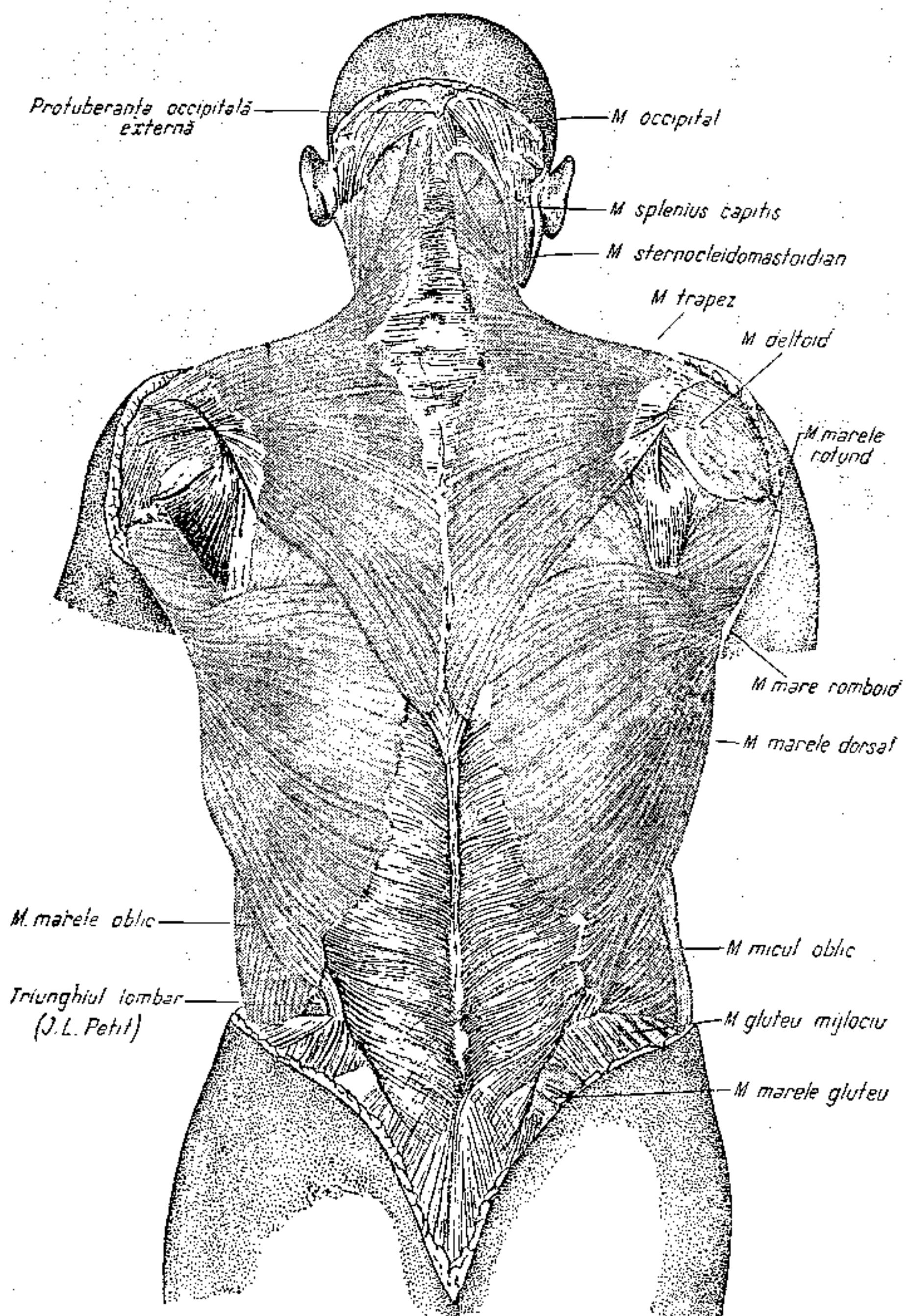


Fig. 39. Mușchii posteriori ai trunchiului.

1	2	3	4	5
3. *Ridicător al scapulei*	procesele transverse ale vertebrelor cervicale	unghiul superior al scapulei	Ridică scapula cînd ia punct fix pe coloană, iar cînd ia punct fix pe scapulă înclină coloana de aceeași parte.	plex cervical și brahial
4. *Romboid*	procesele spinoase ale ultimelor vertebre cervicale și ale primelor toracale	marginea medială a scapulei	apropie scapula de coloană	plex brahial
5. *Dințat posterior și superior*	procesele spinoase C_7, T_1, T_2, T_3	coastele 2—5	ridică coastele, fiind inspirator	nervii intercostali
6. *Dințat posterior și inferior*	procesele spinoase T_{11}, T_{12} și L_1, L_2	ultimele 4 coaste	coboară coastele, fiind expirator	nervii intercostali
7. *Splenius* (al capului și al gîtului)	procese spinoase C_7, T_1—T_5	— spleniusul capului, pe occipital și pe mastoidă; — spleniusul gîtului, pe procesele transverse ale atlasului și axisului	în contracție bilaterală sînt extensori ai capului. În contracție unilaterală înclină capul de aceeași parte	plex cervical

Musculatura profundă a coloanei vertebrale este inervată de ramurile posterioare ale nervilor spinali.

Mușchii anterolaterali ai toracelui

În partea anterioară a toracelui se găsesc cei doi mușchi pectorali (marele și micul pectoral). Mai profund se află mușchiul subclavicular și dințatul mare. În spațiile intercostale se găsesc mușchii intercostali externi și interni. La baza cutiei toracice se află diafragma, un mușchi lat care separă cutia toracică de cavitatea abdominală, avînd o față boltită spre torace și o față concavă spre abdomen (v. tabelul). Structural, diafragma are două porțiuni: centrală (aponevrotică) și periferică (musculară).

Componenta aponevrotică se numește centrul tendinos al diafragmei și are formă de trifoi.

Componenta musculară formează partea periferică a diafragmei și prezintă trei porțiuni:

— porţiunea lombară, cu originea pe primele trei vertebre lombare, prin doi stîlpi: drept, mai puternic şi stîng;

— porţiunea costală îşi are originea pe ultimele şase coaste;

— porţiunea sternală, cu originea pe procesul xifoid.

Diafragma este străbătută de o serie de formaţiuni. Dinspre torace spre abdomen trec: esofagul, cei doi nervi vagi, aorta, nervii splanhnici şi lanţurile simpatice, iar dinspre abdomen spre torace trec vena cavă inferioară şi canalul toracic.

Diafragma este inervată de nervii frenici care provin din plexul cervical.

Muşchii anterolaterali ai toracelui

Numele	Origine	Inserţie	Acţiune	Inervaţie
1	2	3	4	5
1. Marele pectoral	Are 3 fascicule de origine: — clavicular, pe claviculă — sternocostal, pe faţa anterioară a coastelor şi pe primele 6 cartilaje costale — abdominal, pe teaca marelui drept abdominal	Pe humerus (creasta marelui tubercul)	Cînd ia punct fix pe torace apropie braţul de torace. Cînd ia punct fix pe humerus intervine în căţărare, ridicînd toracele.	Plex brahial
2. Micul pectoral	Procesul coracoid al scapulei	Coastele III, IV şi V	Ridică coastele şi intervine în inspiraţie	Plex brahial
3. Subclavicular	Faţa inferioară a claviculei	I coastă	Coboară clavicula şi ridică prima coastă	Plex brahial
4. Marele dinţat (dinţat anterior)	Pe primele 10 coaste	Marginea internă a scapulei	Cînd ia punct fix pe torace duce scapula înainte şi lateral. Cînd ia punct fix pe scapulă ridică coastele (deci inspiraţie)	Plex brahial

1	2	3	4	5
5. Intercostali externi (ocupă partea posterioară a spațiului intercostal); au fibrele oblic, de sus în jos și dinapoi înainte	Pe buza externă a marginilor superioare a coastelor subjacente	Pe buza externă a marginii inferioare a coastei suprajacente	Sînt ridicători ai coastelor, deci inspiratori	Nervi intercostali
6. Intercostali interni (ocupă partea anterioară a spațiului intercostal). Au direcție inversă cu precedenții	Pe buza internă a marginii superioare a coastei subjacente	Pe buza externă a șanțului subcostal de pe marginea inferioară a coastei suprajacente	Sînt coborîtori ai coastelor, deci expiratori	Nervi intercostali

Mușchii anterolaterali ai abdomenului

Sînt mușchi lați. De o parte și de alta a liniei mediane se află mușchii drepți abdominali. Anterior de fiecare mușchi drept abdominal se află mușchiul piramidal. Lateral de mușchii drepți abdominali se află mușchii: oblic extern, oblic intern și transvers al abdomenului. Toți acești trei mușchi laterali sînt cărnoși în partea posterioară, iar anterior se continuă cu aponevroze care formează teaca marelui drept abdominal, ce acoperă mușchiul omonim și mușchiul piramidal.

Prin întretăierea fibrelor aponevrozelor mușchilor laterali se formează pe linia mediană, între cei doi drepți abdominali — linia albă (rafeu tendinos).

În partea posterioară a abdomenului se află mușchiul psoas și pătrat lombar.

Mușchii anterolaterali ai abdomenului

Numele mușchiului	Originea	Inserția	Acțiune	Inervație
1	2	3	4	5
1. *Marele drept abdominal*	pe marginea superioară a simfizei pubiene	cartilagiile coastelor V, VI, VII și pe apendicele xifoid al sternului	cînd ia punct fix pe pube flexează toracele, cînd ia punct fix pe torace, flexează bazinul pe torace	nervii intercostali și plexul lombar
2. *Piramidal*	prin baza lui are originea pe pube	prin vîrful lui se inseră pe linia albă	este nefuncțional	plex lombar

1	2	3	4	5
3. *Oblic extern*	pe fața externă a ultimelor coaste	aponevroza oblicului extern are mai multe tipuri de fibre: — cele mai multe participă la formarea tecii marelui drept abdominal; — unele ajung la creasta iliacă; — altele formează pilierii, care se inseră pe pube	în contracție unilaterală rotește trunchiul în partea opusă. Intervine și în expirație, coborînd coastele. Cînd ia punct fix pe coastă flexează bazinul pe torace	nervii intercostali și plexul lombar
4. *Oblic intern*	pe creasta iliacă	— fasciculele posterioare se inseră pe marginea inferioară a ultimelor coaste; — fasciculele mijlocii formează teaca marelui drept abdominal; — fasciculele anterioare formează cu fasciculele venite din mușchiul transvers, tendonul conjunct.	în contracție unilaterală rotește toracele de aceeași parte. Cînd ia punct fix pe coastă face flexia bazinului pe torace; cînd ia punct fix pe creasta iliacă, face flexia toracelui pe bazin. Coboară coastele (mușchi expirator).	nervii intercostali și plexul lombar
5. *Transvers abdominal*	ultimele 6 cartilagii costale și pe creasta iliacă	fibrele superioare ale aponevrozei participă la formarea tecii marelui drept abdominal. Fibrele inferioare contribuie la formarea tendonului conjunct.	trage coastele spre linia mediană, strîngînd toracele ca un brîu. Coboară coastele (mușchi expirator)	nervii intercostali și plexul lombar

1	2	3	4	5
6. *Pătrat al lombelor*	creasta iliacă	coasta XII	cînd ia punct fix pe creasta iliacă înclină coloana lombară. Coboară coastele, fiind expirator. Contribuie la menținerea trunchiului în rectitudine	plex lombar
7. *Psoas*	corpurile vertebrelor toracale. Se unește cu mușchiul iliac și formează mușchiul psoas-iliac	trohanterul mic	flexia coapsei pe bazin și rotația în afară a coapselor	plex lombar

Acțiunea mușchilor abdominali

În totalitate, mușchii abdomenului au o acțiune asupra coloanei vertebrale și o acțiune de presă abdominală.

Acțiunea asupra coloanei: mușchii abdominali, în special mușchii drepți, contribuie împreună cu mușchii jgheaburilor vertebrale și cu mușchii patrați ai lombelor, la menținerea în rectitudine a coloanei vertebrale.

Acțiunea de presă abdominală: mușchii abdomenului formează o centură contractilă, rolul principal revenind mușchiului transvers. Prin tonicitatea lor, contribuie la fixarea organelor abdominale. Cînd se contractă activ, comprimă aceste organe și determină „o presă abdominală" ce intervine în acte fiziologice ca: micțiunea, defecația și nașterea.

Mușchii membrelor

— *Mușchii membrului superior* sînt grupați în mușchi ai: umărului, brațului, antebrațului și mîinii (fig. 40 și 41).

Mîna posedă un aparat muscular complex și are mușchi numai pe fața sa palmară și în spațiile interosoase. Mușchii mîinii sînt grupați în trei regiuni:

— regiunea laterală cuprinde mușchi care deservesc degetul mare (policele) și anume: m. abductor al policelui, m. opozant al policelui, m. scurt al policelui și m. abductor al policelui. Acțiunea acestor mușchi este indicată de denumirea lor;

— regiunea medială conține m. flexor scurt al degetului mic (inelar), m. abductor al degetului mic și m. opozant al degetului mic;

— regiunea mijlocie cuprinde mușchii lombricali și m. interosoși.

Mușchii lombricali sînt anexați tendoanelor m. flexor profund al degetelor și se notează dinspre police spre degetul mic.

Ei flexează prima falangă (proximală) și extind pe celelalte două (medie și distală). Mușchii interosoși ocupă spațiile dintre metacarpiene și sînt unii palmari, alții dorsali.

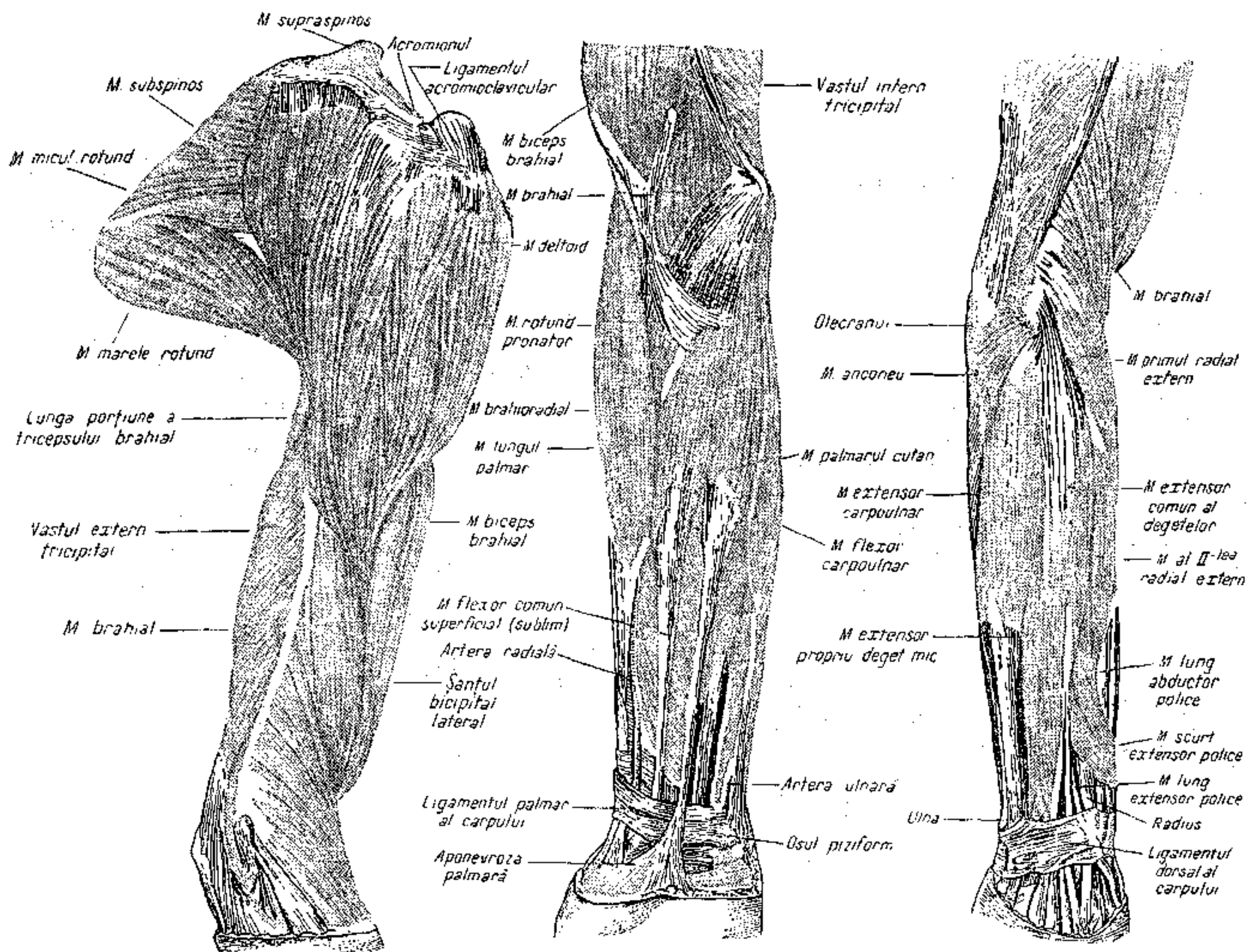


Fig. 40. Muşchii membrului superior.

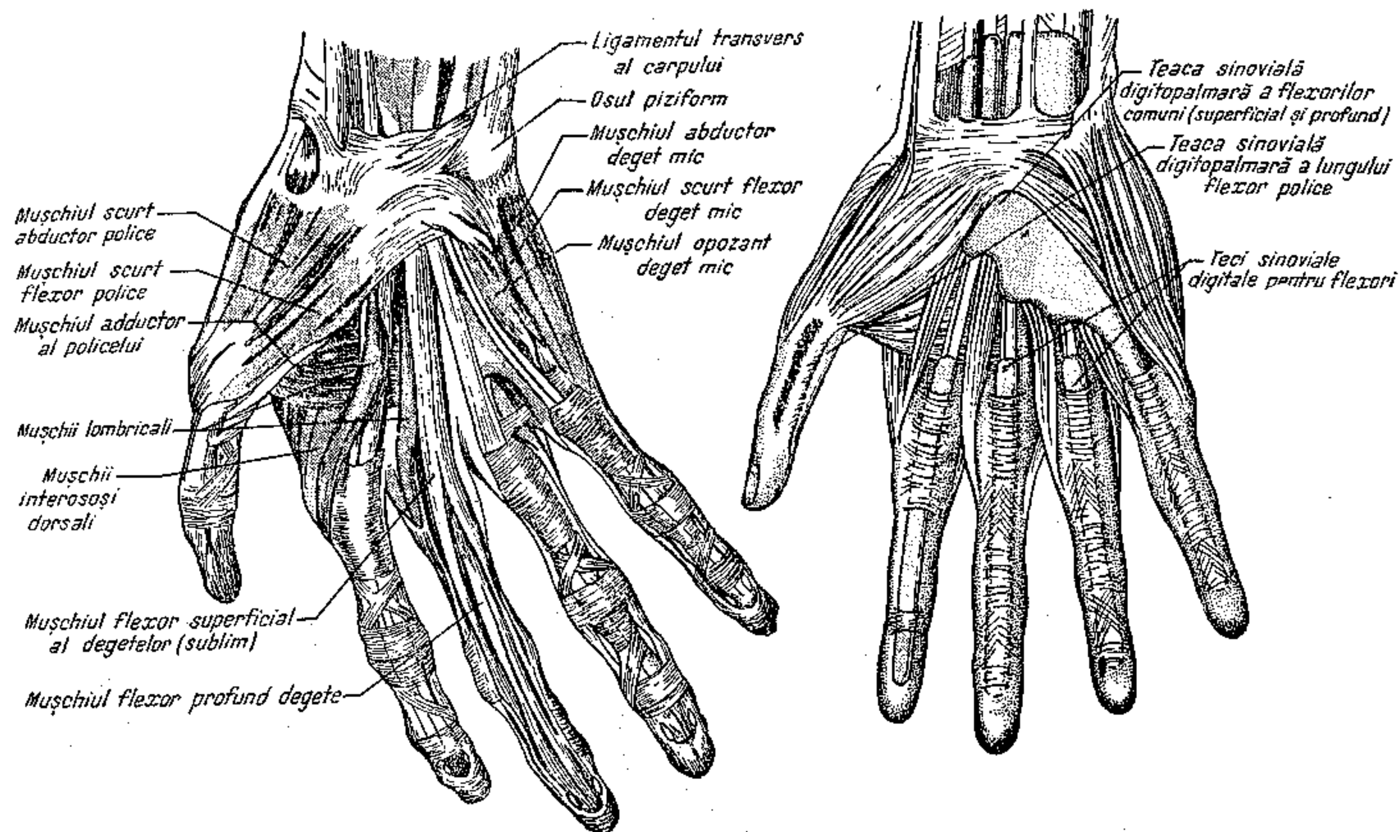


Fig. 41. Mușchii membrului superior.

Mușchii interosoși flectează toți falanga proximală și extind falanga medie și distală, în plus interosoșii palmari apropie degetele de axul mîinii iar cei dorsali îndepărtează degetele de axul mîinii.

Mușchii membrului superior

Localizare	Numele mușchiului	Origine	Inserție	Acțiune
1	2	3	4	5
— **Mușchii umărului**	1. *Deltoid* (cel mai voluminos dintre mușchii umărului)	pe claviculă (fascicul anterior), pe acromion (fascicul mijlociu) și pe spina scapulei (fascicul posterior)	tuberozitatea deltoidiană de pe corpul humerusului	fasciculele anterioare proiectează brațul înainte, fasciculele posterioare proiectează brațul înapoi. Contracția sinergică a celor trei fascicule duce brațul pînă la orizontală (abducție)
	2. *Supraspinos*	în fosa supraspinoasă de pe fața posterioară a scapulei	tuberculul mare al humerusului	este abductor al brațului, ajutînd m. deltoid în acțiunea sa de abducție
	3. *Infraspinos*	în fosa infraspinoasă de pe fața posterioară a scapulei	tuberculul mare al humerusului	face rotația în afară a humerusului
	4. *Rotund mic*	marginea laterală a scapulei	tuberculul mare al humerusului	face rotația în afară a humerusului
	5. *Rotund mare*	marginea laterală a scapulei, sub precedentul	creasta tuberculului mic al humerusului	face rotația înăuntru a brațului și apropie brațul de corp (adductor)
	6. *Subscapular*	în fosa subscapulară de pe fața anterioară a scapulei	tuberculul mic al humerusului	face rotația înăuntru a brațului și adducția lui

1	3	4	2	5
Regiunea anterioară a brațului	1. *Biceps brahial*	are două origini: pe procesul coracoid al scapulei și pe un tubercul situat deasupra cavității glenoidale a scapulei	tuberozitatea radiusului	flexează antebrațul pe braț, face mișcarea de supinație. Asupra brațului este adductor (îl apropie de trunchi)
	2. *Coracobrahial*	procesul coracoid al scapulei	pe corpul humerusului (fața lui medială)	proiectează înainte brațul și îl apropie de trunchi (adductor).
	3. *Brahial*	pe corpul humerusului, sub tuberozitatea deltoidiană	procesul coronoid al ulnei	flexor puternic al antebrațului pe braț
Regiunea posterioară a brațului	1. *Triceps brahial*	trei capete de origine: unul se prinde pe un tubercul situat sub cavitatea glenoidă a scapulei, celelalte două, pe fața posterioară a humerusului, de o parte și de alta a șanțului de torsiune	pe olecran	extensor al antebrațului
Regiunea anterioară a antebrațului	1. *Rotund pronator*	prin capătul humeral — pe epicondilul medial al humerusului, iar prin capătul ulnar — pe procesul coronoid al ulnei	pe fața laterală a radiusului	face mișcarea de pronație a mîinii. Este un flexor al antebrațului pe braț
	2. *Flexor radial al carpului*	epicondilul medial al humerusului	baza metacarpianului II	slab flexor al antebrațului pe braț și al mîinii pe antebraț. Slab abductor al mîinii (o duce înafară)

1	2	3	4	5
	3. *Palmar lung*	epicondilul medial al humerusului	pe aponevroza palmară	slab flexor al miinii și al antebrațului
	4. *Flexor ulnar al carpului*	prin capătul ulnar se inseră pe epicondilul medial al humerusului iar prin capătul ulnar pe olecran	osul pisiform	flexor al mîinii. Face și abducția mîinii (o duce înăuntru)
	5. *Flexor superficial al degetelor*	capătul humeroulnar are originea pe epicondilul medial al humerusului și pe procesul coronoid al ulnei. Capătul radial are originea pe radius. Corpul muscular se continuă cu patru tendoane, destinate degetelor II—V	pe falanga medie a degetelor II, III, IV, V. Fiecare tendon al flexorului superficial al degetelor se împarte în cîte două fascicule care se prind pe falanga medie a degetelor II, III, IV și V. Printre cele două fascicule trec tendoanele flexorului profund al degetelor	flectează falanga medie pe cea proximală, degetele pe mînă, mîna pe antebraț și antebrațul pe braț. Este și adductor al mîinii.
	6. *Flexor profund al degetelor*	pe fața anterioară a ulnei și pe membrana interosoasă a antebrațului. Corpul muscular se continuă cu patru tendoane pentru degetele II—V	fiecare tendon al degetelor II—V trece printre tendoanele flexorului superficial al degetelor și se inseră pe falanga distală	flectează falanga distală pe medie, media pe proximală, degetele pe mînă și mîna pe antebraț. Este și adductor al mîinii
	7. *Flexorul lung al policelui*	pe fața anterioară a radiusului și pe membrana interosoasă	pe falanga distală a policelui	flectează falanga distală pe cea proximală, policele pe palmă și mîna pe antebraț. Este ușor abductor.

1	2	3	4	5
	8. *Pătratul pronator*	fața anterioară a ulnei, în porțiunea sa distală	fața anterioară a radiusului, în porțiunea sa distală	determină pronația mîinii
Regiunea posterioară a antebrațului	1. *Mușchiul extensor al degetelor*	pe epicondilul lateral al humerusului. Corpul muscular se împarte în patru tendoane pentru degetele II—V. Fiecare tendon are în trei ramuri aponevrotice	ramura aponevrotică mediană se prinde pe falanga medie a degetelor II—V iar ramurile aponevrotice laterale, pe falanga distală de la aceleași degete	extensor al falangei distale pe cea medie, a falangei medii pe falanga proximală, a degetelor pe metacarp și a mîinii pe antebraț. Este și adductor al mîinii
	2. *M. extensor al degetului mic*	pe epicondilul lateral al humerusului	pe ultimele două falange ale degetului mic	este extensor al degetului mic și al mîinii
	3. *Extensor ulnar al carpului*	capătul humeral se inseră pe condilul lateral al humerusului iar capătul ulnar, pe marginea posterioară a ulnei	pe baza metacarpianului V	face extensia mîinii și adducția ei
	4. *Anconeu*	pe condilul lateral al humerusului	pe fața posterioară a extremității superioare a ulnei	extensor al antebrațului
	5. *Abductor lung al policelui*	pe fața posterioară a ulnei, a radiusului și a membranei interosoase	pe primul metacarpian	abductor al policelui și al mîinii
	6. *Extensor scurt al policelui*	pe fața posterioară a ulnei, a radiusului și a membranei interosoase	pe falanga proximală a policelui	extensor și abductor al policelui

1	2	3	4	5
	7. *Extensor lung al policelui*	pe membrana interosoasă și pe fața posterioară a ulnei	pe falanga distală a policelui	extensor și abductor al policelui
	8. *Extensorul degetului II* (index)	pe membrana interosoasă și pe fața posterioară a ulnei	se alătură tendonului extensorului comun al degetelor destinat indexului	extensor al indexului. Participă și la extensia mîinii
Regiunea laterală a antebrațului	1. *Brahioradial*	pe marginea laterală a humerusului în porțiunea ei distală, deasupra epicondilului lateral	procesul stiloid al radiusului	flexor al antebrațului pe braț. Este supinator numai cînd antebrațul este în pronație și pronator cînd antebrațul este în supinație
	2. *Lung extensor radial al carpului*	pe marginea laterală a humerusului, în porțiunea ei distală, deasupra epicondilului lateral	pe cel de al II-lea metacarpian	extensor și abductor al mîinii. Este flexor al antebrațului pe braț
	3. *Scurt extensor radial al carpului*	pe epicondilul lateral al humerusului	pe cel de al III-lea metacarpian	extensor și abductor al mîinii. Este și flexor al antebrațului pe braț
	4. *Supinator*	pe extremitatea proximală a ulnei, sub incizura radială	fața laterală a radiusului	cel mai puternic supinator al antebrațului și mîinii

Mușchii membrului inferior

La membrul inferior vom descrie mușchi ai bazinului, mușchii coapsei, mușchii gambei și mușchii piciorului (vezi tabelul și figurile 42 și 43).

Mușchii piciorului, spre deosebire de mînă unde toți sînt exclusiv palmar, sînt așezați atît pe fața dorsală cît și pe fața plantară. Pe fața dorsală se află doi mușchi scurți: mușchiul extensor scurt al degetelor care se termină prin patru tendoane pentru degetele II—V și mușchiul extensor scurt al halucelui. Ei fac extensia degetelor.

Mușchii plantari sînt așezați în trei grupe: grupul medial, grupul mijlociu și grupul lateral.

Fig. 42. Mușchii membrului inferior.

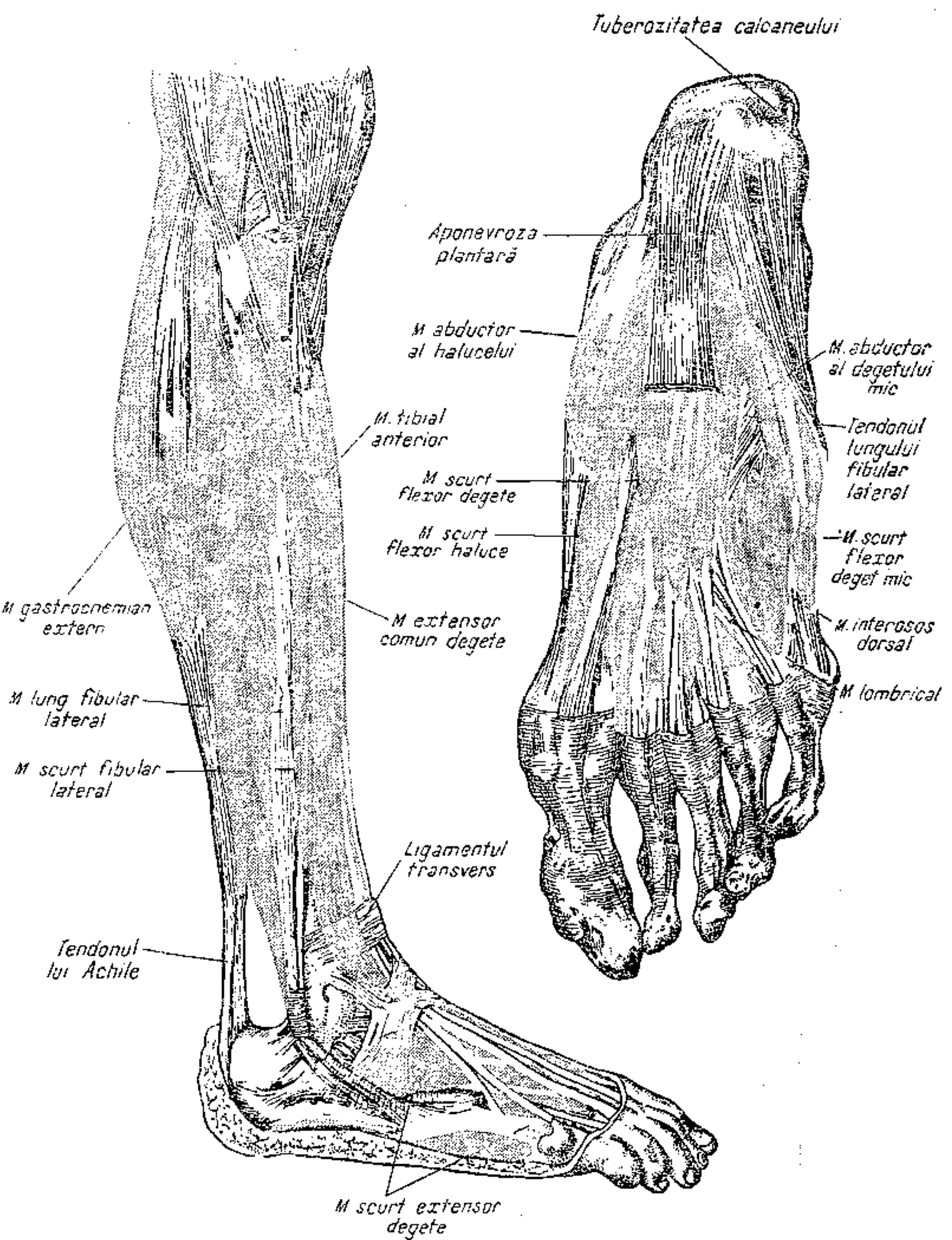


Fig. 43. Mușchii membrului inferior.

Grupul medial cuprinde mușchi destinați halucelui, și anume: mușchiul abductor al halucelui, mușchiul flexor scurt al halucelui și mușchiul adductor al halucelui, a căror acțiune este indicată de însuși numele mușchiului.

Grupul lateral este format din doi mușchi destinați degetului mic: mușchiul abductor al degetului mic și mușchiul scurt flexor al degetului mic.

Mușchii grupului mijlociu sînt mai numeroși și sînt așezați pe mai multe planuri. În planul superficial se află mușchiul scurt flexor al degetelor. În planul mijlociu se află mușchiul pătrat plantar și mușchii lombricali care se inseră pe cele patru tendoane ale mușchiului flexor lung al degetelor situate și ele în planul mijlociu. În stratul profund se află mușchii interosoși — plantari și dorsali. Mușchii interosoși fac flexia primei falange. Acțiunea de extensie a ultimelor două falange este redusă.

Mușchii membrului inferior

Regiunea	Numele mușchiului	Origine	Inserție	Acțiune
1	2	3	4	5
Mușchii bazinului — Anteriori	*Ileopsoas* este format din mușchiul psoas și mușchiul iliac	m. iliac are originea în fosa iliacă	pe trohanterul mic	flexor al coapsei pe bazin cînd își ia punct fix pe origine și flexor al bazinului pe coapsă cînd își ia punct fix pe inserție. În contracție unilaterală înclină trunchiul de aceeași parte
— Posteriori	1. *Mușchii fesieri* — *fesier mare* (cel mai superficial și cel mai voluminos)	pe aripa iliacă, înapoia liniei fesiere posterioare	fața posterioară a trohanterului	extensor al coapsei și împreună cu ceilalți mușchi fesieri intervine în menținerea poziției de verticalitate a corpului
	— *fesier mijlociu*	pe aripa iliacă, între linia fesieră posterioară și anterioară	fața laterală a trohanterului mare	au acțiune comună. Fibrele posterioare ale celor doi mușchi au acțiune de extensie și rotație în afară a coapsei, în timp ce fibrele anterioare au acțiune de flexie și rotația înăuntru a coapsei
	— *fesier mic*	pe aripa iliacă, înaintea liniei fesiere anterioare	fața anterioară a trohanterului mare	
	2. *Obturator extern*	pe cadrul extern al găurii obturate și pe membrana obturatorie	în fosa trohanterică	rotator în afară al coapsei

1	2	3	4	5
	3. *Obturator intern*	pe cadrul intern al găurii obturate și pe membrana obturatorie	pe fața medială a trohanterului mare	rotator în afară al coapsei
	4. *Piriform* (formă triunghiulară, cu baza la osul sacru și vîrful pe trohanterul mare)	fața anterioară a sacrului, în vecinătatea găurilor sacrale	pe vîrful trahanterului mare	rotator în afară și abductor al coapsei
	5. *Mușchii gemeni* — *gemen superior* — *gemen inferior*	spina ischiatică tuberozitatea ischiatică	împreună cu obturatorul intern, pe fața medială a trohanterului mare	aceeași acțiune ca m. obturator intern
	6. *Tensor al fasciei lata*	spina iliacă antero-superioară (creasta iliacă)	pe tractul iliotibial, formațiune fibroasă a fasciei coapsei care în sus se inseră pe coxal și în jos pe condilul lateral al tibiei și pe capul fibulei	flexor și abductor al coapsei
	7. *Pătrat femural*	tuberozitatea ischiatică	creasta intertrohanterică	rotator în afară al coapsei
Mușchii coapsei — *Regiunea anterioară*	1. *Croitor* (cel mai lung mușchi al corpului)	spina iliacă anterosuperioară	fața medială a tibiei sub condilul medial	flexor al coapsei pe bazin și al gambei pe coapsă
	2. *Cvadriceps* (are patru capete de origine)	a. vastul lateral, pe fața laterală a femurului și buza externă a liniei aspre	baza și marginile rotulei	

1	2	3	4	5
	3. Vaști și dreptul femural	b. vastul medial pe fața medială a femurului și pe buza internă a liniei aspre c. vastul intermediar, pe fața anterioară a femurului d. dreptul femural pe bazin		extensor al gambei pe coapsă
M. coapsei *Regiunea posterioară*	1. *Biceps femural*	capătul lung pe tuberozitatea ischiatică; capătul scurt, pe linia aspră	capul fibulei	extensor al coapsei, flexor al genunchiului și rotator în afară al gambei
	2. *Semimembranos*	pe tuberozitatea ischiatică	— tendonul direct, pe fața posterioară a condilului medial al tibiei — tendonul recurent merge în sus și lateral — tendonul reflectat ocolește condilul medial al tibiei	extensor al coapsei și flexor al genunchilor. Rotator înăuntru al gambei
	3. *Semitendinos* (situat superficial de precedentul)	pe tuberozitatea ischiatică	fața medială a tibiei, sub condilul medial	extensor al coapsei și flexor al genunchiului. Rotator înăuntru al gambei
M. coapsei *Regiunea medială*	1. *Pectineu*	pe creasta pectineală de pe osul pubis	pe linia de trifurcare mijlocie a liniei aspre	flexor al coapsei și ușor adductor al coapsei
	2. *Adductor lung*	pe osul pubis, sub tuberculul pubic	pe interstițiul liniei aspre	flexor al coapsei, adductor al coapsei și rotator în afară

1	2	3	4	5
	3. *Adductor scurt*	pe ramura ischiopubiană	pe interstițiul liniei aspre	este adductor al coapsei, flexor al coapsei și rotator în afară
	4. *Adductor mare*	pe ramura ischiopubiană și tuberozitatea ischiatică	pe interstițiul liniei aspre și pe condilul medial al femurului	este cel mai puternic adductor al coapsei. Datorită inserției pe tuberozitatea ischiatică, este extensor al coapsei. Este și rotator în afară al coapsei
	5. *Gracilis*	pe ramura ischiopubiană	fața medială a tibiei, sub condilul medial	adductor al coapsei, flexor al gambei și rotator medial al gambei
M. gambei — *regiunea anterioară*	1. *Tibialul anterior*	condil lateral al tibiei, fața laterală a tibiei și membrana interosoasă	I cuneiform și I metatarsian	flexor dorsal al piciorului și supinator al piciorului
	2. *Extensor lung al halucelui*	fața medială a fibulei și pe membrana interosoasă	a doua falangă a halucelui	extensor al halucelui și flexor dorsal al piciorului
	3. *Extensor lung al degetelor*	fața medială a fibulei și membrana interosoasă; se împarte în patru tendoane pt. degetele II—V. Fiecare tendon se împarte într-un fascicul mijlociu și două marginale	fasciculul mijlociu se inseră pe a II-a falangă iar cele două marginale, pe a treia falangă	extensor al degetelor II—V și flexor dorsal al piciorului. Este și pronator al piciorului
M. gambei — regiunea laterală —	1. *Peronier lung*	capul fibulei și fața laterală a fibulei	străbate planta și se inseră pe I metatarsian și pe I cuneiform	pronator și extensor al piciorului

1	2	3	4	5
	2. *Peronier scurt*	fața laterală a fibulei	metatarsianul V	pronator și extensor al piciorului
M. gambei *R. laterală*	1. *Peronier lung*	capul fibulei, în fața laterală	străbate planta și se inseră pe I metatarsian și pe I cuneiform	pronator al piciorului și plantar al piciorului. Susține bolta piciorului
	2. *Peronier scurt*	fața laterală a fibulei	metatarsianul V	pronator și flexor plantar al piciorului (extensor)
M. gambei *Regiunea posterioară*	1. *Gastrocnemian*	— capătul lateral, pe condilul femural lateral — capătul medial, pe condilul femural medial	acești mușchi, împreună cu solearul formează tricepsul sural care se continuă cu tendonul lui Achile, ce se inseră pe tuberozitatea calcaneului	tricepsul sural este extensor, supinator și adductor al piciorului
	2. *Solearul*	— linia solearului de pe tibie — capul și fața posterioară a fibulei		
	3. *Popliteu*	— condil lateral al femurului	deasupra liniei solearului	flexia gambei pe coapsă și rotește înăuntru gamba
	4. *Flexor lung al degetelor*	fața posterioară a tibiei	pe falanga a III-a a degetelor II—V	flexor al degetelor, extensor și supinator al piciorului
	5. *Tibial posterior*	pe fața posterioară a tibiei și fibulei cît și pe membrana interioară	pe tuberozitatea osului navicular	extensor, adductor și supinator al piciorului
	6. *Flexor lung al halucelului*	fața posterioară a fibulei și membrana interosoasă	a II-a falangă a halucelui	flexor al halucelui, extensor, adductor și supinator al piciorului

V. FIZIOLOGIA MUŞCHILOR

1. GENERALITĂŢI

Muşchii reprezintă efectori importanţi ai organismului. Muşchii striaţi scheletici asigură tonusul, postura, echilibrul, mimica şi mişcările voluntare. Muşchiul striat cardiac asigură activitatea de pompă ritmică a inimii. Muşchii netezi asigură buna funcţionare a circulaţiei, motilitatea digestivă şi excretorie, acomodarea vederii, naşterea, alăptarea etc.

Indiferent de particularităţile morfologice şi de rolul specific, toţi muşchii se caracterizează prin proprietatea de a transforma energia chimică în energie mecanică. Această transformare are loc la nivelul sarcomerului, cu un randament de 30—40%.

2. PROPRIETĂŢILE MUŞCHILOR

Contractilitatea este proprietatea specifică a muşchiului şi reprezintă capacitatea de a dezvolta tensiunea între capetele sale sau de a se scurta. Cînd muşchiul se contractă fără sarcină, el se scurtează cu viteză maximă fără tensiune. Cînd muşchiul se contractă cu o sarcină mai mare decît forţa sa, atunci el dezvoltă o tensiune maximă, fără scurtare. Baza anatomică a contractilităţii este sarcomerul iar baza moleculară, proteinele contractile.

Excitabilitatea se datoreşte proprietăţilor membranei celulare (permeabilitate selectivă, conductanţă ionică, polarizare electrică).

Muşchii răspund la un stimul printr-un potenţial de acţiune propagat, urmat de contracţia caracteristică. Între manifestarea electrică de pe membrana fibrei musculare şi fenomenele mecanice de la nivelul sarcomerului se produce un lanţ de reacţii fizico-chimice, numit *cuplaj excitaţie-contracţie*. Principalele etape ale cuplajului sînt:

— Potenţialul de acţiune determină creşterea permeabilităţii membranei pentru Ca^{++}.

— Ionii de calciu pătrund din lichidul extracelular în fibra musculară, la nivelul cisternelor şi canaliculelor ce formează reticulul sacroplasmatic.

— Are loc o eliberare a Ca^{++} din depozitele reticulului sarcoplasmatic în citoplasma din vecinătatea actinei şi miozinei.

— Ionii de calciu se fixează pe troponină, denaturînd-o reversibil.

— Modificările structurale ale troponinei produc o îndepărtare a tropomiozinei de actină evidenţiind punctelor active ale acesteia.

— Miozina interacţionează cu actina, formează actomiozina, care descompune ATP şi pe baza energiei acestuia se produce contracţia musculară.

Extensibilitatea este proprietatea muşchiului de a se alungi pasiv sub acţiunea unei forţe exterioare. Substratul anatomic al extensibilităţii îl reprezintă fibrele conjunctive şi elastice din muşchi.

Elasticitatea este proprietatea specifică muşchilor de a se deforma sub acţiunea unei forţe şi de a reveni pasiv la forma de repaos cînd forţa a încetat să acţioneze. Baza anatomică a acestei proprietăţi o reprezintă fibrele elastice din structura perimisiumului intern. Elasticitatea joacă un rol foarte mare la muşchii ce prestează lucru mecanic, în special atunci cînd trebuie învinsă inerţia. Interpunerea unei structuri elastice între forţă (muşchiul) şi rezistenţă (obiectul ce trebuie deplasat) amortizează creşterile prea mari de tensiune în muşchi şi asigură deplasarea continuă uniformă a obiectului.

Tonusul muscular este o stare de semicontracţie permanentă, caracteristică muşchilor ce au inervaţia motorie

și senzitivă intactă. După denervare, tonusul mușchilor scheletici dispare. Tonusul muscular este de natură reflexă.

3. CONTRACȚIA FIBREI MUSCULARE STRIATE

Contracția musculară este de trei feluri:

— *Contracție izometrică,* atunci cînd lungimea mușchiului rămîne neschimbată dar tensiunea crește foarte mult. În timpul contracției izometrice, mușchiul nu prestează lucru mecanic extern, toată energia chimică se pierde sub formă de căldură. Exemplu de contracție izometrică este aceea de susținere a posturii corpului.

— *Contracție izotonică,* atunci cînd lungimea mușchiului variază iar tensiunea rămîne constantă. Mușchii realizează lucru mecanic. Aceste contracții sînt caracteristice majorității mușchilor scheletici.

— *Contracție auxotonică,* atunci cînd variază și lungimea și tensiunea mușchiului. În timpul unei activități obișnuite, fiecare mușchi trece prin faze izometrice, izotonice și auxotonice. Începutul oricărei contracții musculare, în special cînd trebuie să deplasăm greutăți, este izometric.

Mecanismul contracției și relaxării mușchiului. În timpul contracției fibrei, lungimea discurilor întunecate nu se modifică, iar a celor clare se reduce. Lungimea miofilamentelor de actină și miozină rămîne aceeași la mușchiul relaxat sau în contracție maximă (fig. 44). Pe baza acestor date, se consideră că scurtarea fiecărui sarcomer este rezultatul glisării, interpătrunderii miofilamentelor de actină printre cele de miozină (fig. 45).

Procesul intim al transformării energiei chimice în energie mecanică nu este pe deplin elucidat. Se știe că prin descompunerea ATP, punțile transversale ale miozinei se încarcă cu energie. Ele interacționează cu punctele active de pe actină, trăgînd-o pe aceasta spre centrul sarcomerului. Ca urmare, membranele „Z" se apropie și discurile clare se îngustează. Pentru desfacerea legăturii miozină-actină, în vederea relaxării mușchiului, este necesară prezența ATP în concentrație mare și îndepărtarea calciului din citoplasmă. Ca^{++} este pompat activ din cito-

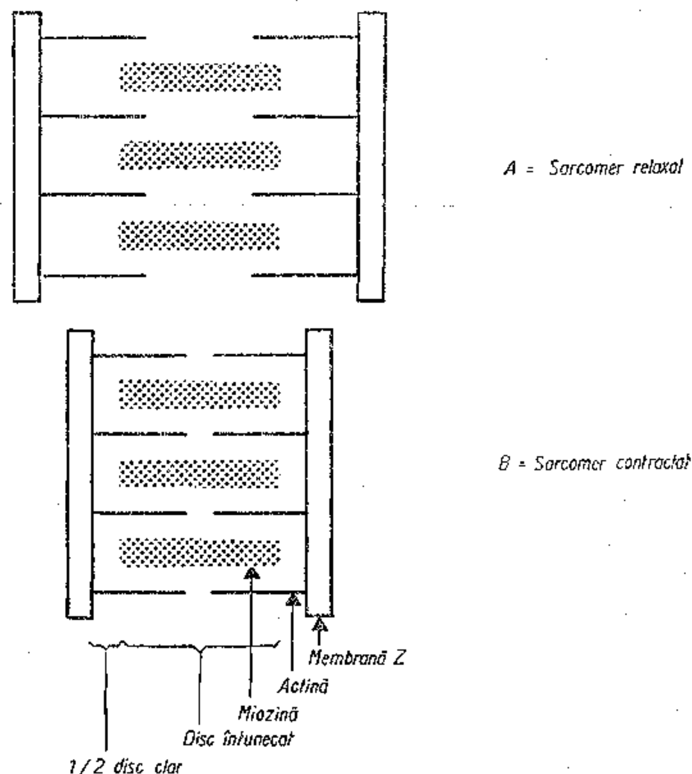


Fig. 44. Sarcomer relaxat și contractat.

plasmă în reticulul sarcoplasmatic şi de aici în afara celulei. Scăderea concentraţiei calciului citosolubil produce desfacerea legăturii Ca^{++} — troponină. În consecinţă, troponina şi tropomiozina se dispun la nivelul punctelor active ale actinei, împiedicînd o nouă interacţiune miozină-actină. La intrarea Ca^{++} în celulă cu ocazia unui nou potenţial de acţiune pe membrană, întreg ciclul excitaţie-contracţie-relaxare se reia.

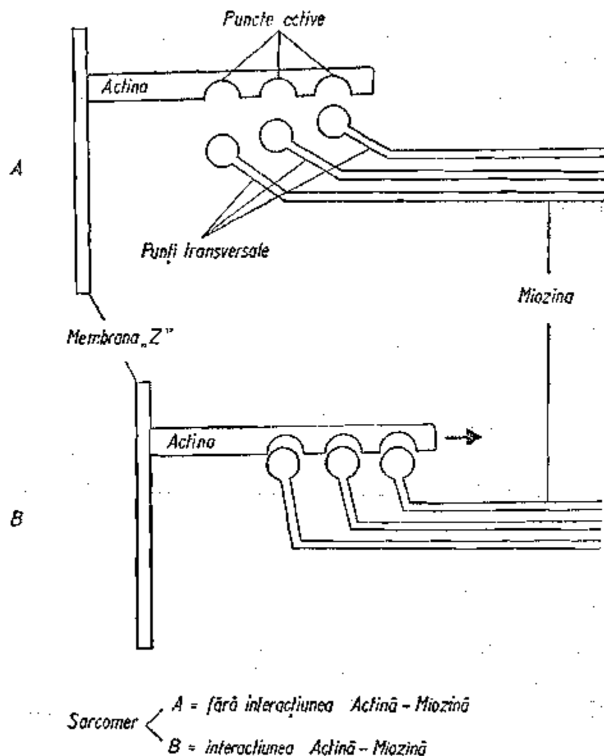


Fig. 45. Mecanismul interacţiunii actină-miozină.

Putem produce contractură musculară de lungă durată (rigiditate musculară) fie prin încărcarea fibrei cu ioni de calciu, fie prin sărăcirea ei în ATP.

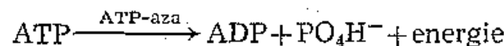
4. MANIFESTĂRILE CE ÎNSOŢESC CONTRACŢIA MUSCULARĂ (fig. 46)

În timpul contracţiei musculare au loc manifestări electrice, chimice, mecanice, termice şi acustice.

Manifestările electrice preced contracţia. Ele sînt reprezentate de potenţialul de acţiune de pe suprafaţa membranei. Înregistrarea fenomenelor electrice din timpul contracţiei unor grupe de fibre musculare reprezintă electromiograma (E.M.G.).

Manifestările chimice sînt iniţiate prin mecanismul de cuplaj excitaţie-contracţie. Procesele chimice din muşchi asigură energia necesară proceselor mecanice (fig. 47).

Prima etapă constă din desfacerea ATP în ADP, acid fosforic şi energie, sub acţiunea actomiozinei (ATP-aza).



$$ATP \xrightarrow{\text{ATP-aza}} ADP + PO_4H^- + \text{energie}$$

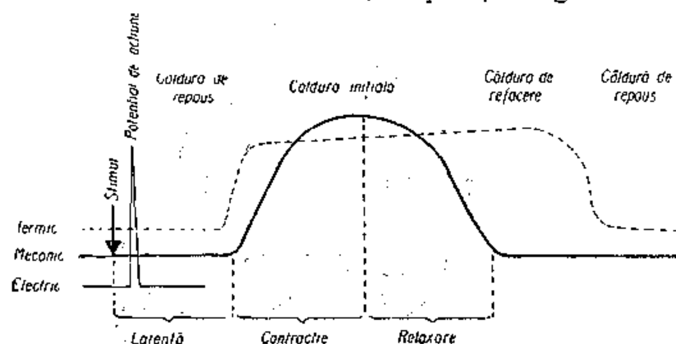


Fig. 46. Manifestările contracţiei musculare.

În faza imediat următoare, moleculele de ATP se refac din ADP și creatinfosfat (CP) care oferă energia necesară, conform reacției:



$$ADP + CP \longrightarrow ATP + \text{Creatină}$$

În felul acesta sînt puse la dispoziția mușchiului noi molecule de ATP care asigură, în continuare, energia necesară. Rezervele de CP se refac pe seama energiei rezultate

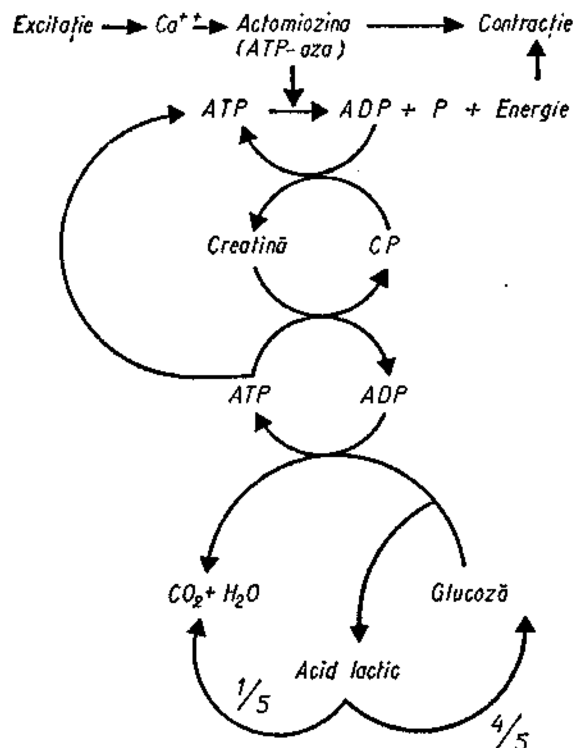
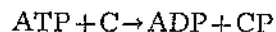


Fig. 47. Procesele energetice din mușchi.

din glicoliză. Pentru fiecare moleculă de glucoză, hidrolizată pînă la CO_2 și H_2O, se sintetizează 38 molecule de ATP. O parte din acesta este utilizat direct de către mușchi iar o parte asigură refacerea creatin-fosfatului, conform reacției:



$$ATP + C \rightarrow ADP + CP$$

În timpul fazei anaerobe a glicolizei în mușchi se formează acid lactic, în cantități variabile ce depind de gradul de aprovizionare cu O_2 și de intensitatea efortului muscular. Cînd oxigenarea mușchiului e deficitară, predomină glicoliza anaerobă și acidul lactic se formează în cantitate mare. El este transportat de sînge la ficat unde 1/5 este oxidat pînă la CO_2 și H_2O iar energia eliberată este folosită la resinteza glucozei din celelalte 4/5. La începutul contracției musculare se consumă din rezervele energetice direct utilizabile (ATP, CP). Acestea se refac în timpul și după terminarea contracției, pe seama glicolizei. Din această cauză, consumul de O_2 al mușchiului se menține la valori crescute și 20—30 minute după relaxare. Acest consum suplimentar de O_2, în comparație cu perioada de repaos *dinaintea* contracției, se numește *datoria de oxigen a mușchiului*.

Mușchiul folosește ca material energetic glucoză și acizi grași. Creșterea consumului acestora se face în special prin reacții aerobe ce au loc în cadrul ciclului Krebs și catenei respiratorii. Aportul suplimentar de oxigen și substanțe nutritive este asigurat prin creșterea debitului circulației de peste 30 ori față de nivelul de repaus. Cauza acestei creșteri este arteriolo- și capilaro-dilatația din mușchii activi. Contracțiile musculare de scurtă durată folosesc mai ales energie rezultată din reacții anaerobe. Atunci cînd se prestează un efort fizic de lungă durată, ponderea reacțiilor aerobe crește, aprovizionarea cu O_2 a mușchiului echilibrează consumul și în felul acesta este

posibilă activitatea musculară îndelungată. Cînd acest echilibru nu se stabilește și consumul de O_2 al mușchiului depășește aprovizionarea, are loc acumularea de acid lactic și scăderea cantității ATP și CP din mușchi, fapt ce reprezintă cauze locale ale oboselii musculare.

Manifestările mecanice ale contracției musculare sînt cele mai evidente și mai ușor de urmărit. Studiul lor se face cu ajutorul miografului, aparat ce permite înregistrarea contracției musculare. Pentru aceasta este necesară izolarea unui mușchi sau grup muscular și fixarea unuia din capete, în timp ce capătul celălalt, rămas mobil, se leagă la penița miografului. Aceasta va înscrie pe o hîrtie înegrită curba contracției musculare, provocată artificial prin excitarea cu curent electric, fie a nervului motor fie direct a mușchiului respectiv. În practică se folosește mușchiul gastrocnemian de broască.

La o excitație unică, cu curent slab, sub valoarea pragului de excitabilitate a fibrelor musculare, nu obținem nici un răspuns. Stimulul este subliminar. Repetînd excitația cu un curent de valoare prag, obținem o *contracție musculară unică*. Aceasta a fost denumită *secusa musculară*. Grafic ea se înscrie ca o curbă „în clopot", avînd următoarele componente (fig. 46):

a. *o fază de latență,* de 0,01 s, ce se scurge între momentul aplicării excitantului și începutul contracției. Durata latenței variază cu specia animală și cu felul mușchiului. În timpul fazei de latență are loc manifestarea electrică a contracției (potențialul de acțiune);

b. *o fază de contracție,* reprezentată de panta ascendentă a curbei, ce durează în medie 0,04 s;

c. *o fază de relaxare,* reprezentată de panta descendentă a curbei, cu durată de 0,05 s. Secusa poate fi izometrică sau izotonică. Durata totală a secusei este de 0,1 s pentru mușchiul striat de mamifer. Amplitudinea secusei variază proporțional cu intensitatea excitantului administrat, pînă la o valoare maximă. Acest fapt se explică prin antrenarea în contracție a unui număr tot mai mare de fibre musculare, pe măsură ce intensitatea curentului crește, pînă la un moment cînd toate fibrele se contractă simultan. În acest moment, intensitatea curentului excitant este *maximală*. Stimulînd în continuare cu curenți supramaximali, amplitudinea secusei nu mai crește. Dacă în loc de stimulare unică, folosim stimuli repetitivi, la intervale mici și regulate, curba rezultată nu mai este o secusă ci o sumație de secuse numită tetanos. În funcție de frecvența de stimulare, fuziunea (sumația) secuselor este mai mult sau mai puțin totală. Deosebim astfel două feluri de tetanos (fig. 48).

Tetanosul incomplet, cînd curba se prezintă cu un platou dințat, exprimînd fuziunea incompletă a secuselor la stimulare repetitivă cu frecvență joasă de 10—20 stimuli pe secundă.

Tetanosul complet, a cărui curbă apare ca un platou regulat, exprimînd fuziunea totală a secuselor, obținută prin stimuli cu frecvențe mult mai mari (50—100/s).

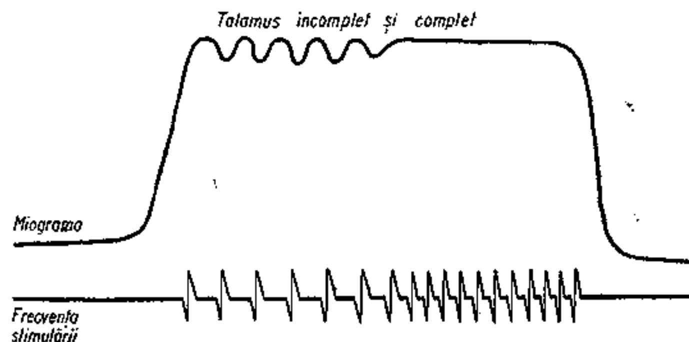


Fig. 48. Tetanosul complet și incomplet.

Toate contracțiile voluntare ale mușchilor din organism, sînt tetanosuri și nu secuse deoarece comanda voluntară se transmite la mușchi prin impulsuri cu frecvență mare. Frisonul constă din secuse. Secusa poate fi obținută și prin reflexul miotatic. Sistola cardiacă este tot o secusă. Forța dezvoltată de mușchi în timpul tetanosului este de 4 ori mai mare ca a secusei.

În timpul scurtării, mușchiul execută un lucru mecanic. Valoarea acestuia depinde de *forța musculară* și de distanța parcursă. *Sistemul de pîrghii* pe care acționează aparatul locomotor în organism asigură grade variabile ale eficienței musculare.

Forța musculară absolută a unui mușchi este definită ca greutatea minimă pe care mușchiul nu o mai poate deplasa prin contracție. Ea este proporțională cu suprafața de secțiune a mușchiului. Forța absolută a tuturor mușchilor corpului atinge 5—10 tone. Mușchii lungi dezvoltă o forță mai mare decît cei scurți.

Manifestările termice ale contracției se datoresc fenomenelor biochimice din fibra musculară. Nu toată energia chimică eliberată în timpul contracției este convertită în lucru mecanic, ci o parte se pierde sub formă de căldură. Randamentul masei musculare este de 30%, ceea ce înseamnă că 70% din energia chimică se transformă în energie calorică.

Dacă se înregistrează *căldura musculară* în timpul repaosului și a contracției mușchiului, se obține o curbă cu creșteri și reveniri. Se deosebește o *căldură de repaus*, degajată tot timpul de mușchi, și o *căldură de activitate*, ce se eliberează suplimentar din mușchiul aflat în contracție. Căldura de activitate are mai multe componente, din care unele apar la începutul și în timpul contracției — *căldura inițială* iar altele se manifestă după încetarea contracției — *căldura de refacere* (întîrziată).

Căldura inițială corespunde reacțiilor anaerobe de eliberare a energiei iar căldura de refacere, reacțiilor de resinteză a moleculelor macroergice, pe seama glicolizei aerobe și anaerobe (datoria de oxigen). Căldura de repaus reprezintă o importantă componentă a termogenezei bazale a organismului.

Mușchii sînt principalii generatori de căldură pentru organism. Atunci cînd sîntem expuși la frig, prin mecanisme reflexe, se declanșează contracții musculare mici și frecvente (frison) care asigură încălzirea corpului.

Manifestările acustice sînt datorate vibrațiilor fasciculelor musculare care se contractă asincron. Zgomotul produs de contracția musculară poate fi auzit cu urechea sau înregistrat (fonomiogramă).

5. CONTRACȚIILE MUȘCHILOR NETEZI

Între contracția mușchilor striați, a celor netezi și a cordului există atît asemănări, cît și deosebiri. Deosebirile se referă la anumite particularități ale manifestărilor exterioare ale contracției. Astfel, contracția miocardului este o secusă iar contracțiile mușchilor netezi sînt lente și de lungă durată, similare tetanosului. Miocardul este inexcitabil (refractar) în timpul contracției sale și de aceea nu poate fi tetanizat. Mușchii scheletici sînt supuși controlului motor voluntar, cordul și mușchii netezi nu. Ei primesc inervație vegetativă. Mușchiul scheletic este puțin sensibil la mediatorii chimici din sînge, în timp ce mușchii netezi sînt foarte sensibili la acțiunea acestora.

Asemănările privesc procesele fizico-chimice și energetice fundamentale.

Mușchii netezi sînt de două feluri. *Mușchiul neted visceral*, cu aspect de sincițiu, întîlnit în tubul digestiv și aparatul genito-urinar. *Mușchiul neted multiunitar*, format din fibre separate, întîlnit în pereții vaselor și în in-

teriorul globului ocular. Secusa mușchilor netezi viscerali are latență, perioadă de contracție și de relaxare foarte mari. Excitabilitatea lor este redusă. Prezintă automatism contractil. Simpaticul și catecolaminele, hiperpolarizează membrana fibrei provocînd relaxare. Parasimpaticul și acetilcolina produc depolarizare și contracție. Mușchiul visceral manifestă *plasticitate*. Poate menține tensiuni neschimbate la lungimi variabile. Această proprietate stă la baza tonusului postural al stomacului și al vezicii biliare și urinare.

Mușchiul neted multiunitar prezintă contracție asemănătoare mușchilor striați deși, ca și cel visceral, nu se află sub control voluntar ci vegetativ.

Transmiterea neuro-musculară

Comanda motorie se transmite de la terminația axonului la fibra musculară în puncte fixe cu organizare anatomică specială, denumite *plăci motorii* sau *joncțiuni neuro-musculare*. La acest nivel din terminația nervoasă se eliberează acetilcolina care, ajunsă în contact cu membrana fibrei musculare, produce depolarizarea, urmată de contracție. Deci, transmiterea neuro-musculară este chimică. Ea poate fi blocată prin curara, o otravă puternică folosită de indienii din America la pregătirea săgeților pentru luptă.

Unitatea motorie

Axonul unui motoneuron spinal se ramifică și formează plăci motorii cu mai multe fibre musculare. Totalitatea fibrelor musculare inervate de un singur motoneuron formează, împreună cu acesta, o unitate motorie. Contracția voluntară este o sumă de contracții ale unităților motorii.

6. OBOSEALA MUSCULARĂ

Unii mușchi din organism activează tot timpul vieții, fără întrerupere (inima, mușchii vaselor și ai viscerelor). Mușchii scheletici pot, de asemenea, efectua eforturi de durate variabile dar limitate în timp; după mai multe zile de mers pe jos, oricît de lejer și automatizat ar fi acest efort, survine oboseala iar activitatea musculară trebuie să înceteze pentru un timp. Oboseala musculară constă din reducerea temporară a capacității de lucru a mușchilor.

În cazul eforturilor voluntare intense, oboseala musculară se instalează în cîteva minute. Nu există propriu-zis o oboseală izolată locală a mușchiului ci mai corect trebuie să se vorbească de oboseala neuro-musculară, fenomen în care sînt implicate toate structurile ce asigură comanda, controlul și execuția mișcării. În cazul unei activități musculare de intensitate redusă dar îndelungată, oboseala se instalează în special în centrii nervoși, iar în cazul unei activități intense predomină semnele oboselii musculare locale.

Cauzele oboselii locale musculare sînt:
— scăderea rezervelor energetice (ATP, CP, glucoză);
— acumularea de cataboliți acizi (acid lactic);
— oboseala plăcii motorii.

Cauzele oboselii generale a organismului sînt mai complexe. Pe primul loc se situează încordarea neuro-psihică, viața în ritm trepidant, munca în mediu poluat cu zgomot, substanțe toxice etc. Mecanizarea și automatizarea au redus oboseala fizică dar predispun la oboseală generală nervoasă.

Studiul oboselii musculare se poate face cu ajutorul ergografelor, aparate care permit înregistrarea curbelor de oboseală musculară survenită în urma unor contracții repetate comandate voluntar sau prin stimulare electrică. Înregistrarea concomitentă a electromiogramei și determi-

narea unor substanțe din sînge, urină, țesutul muscular și nervos completează tabloul complex al oboselii.

Uneori mușchiul obosit intră în contractură dureroasă (crampe musculare).

Febra musculară. După un efort muscular intens, fără un antrenament sau încălzire prealabilă, pot apare dureri în grupele musculare solicitate. Aceste dureri se manifestă la 12—24 ore de la momentul efortului și durează 2—3 zile. Se calmează sau chiar dispar prin masaj sau reluarea exercițiului. Multă vreme s-a presupus că această „febră musculară“ se datorește acumulării acidului lactic în mușchi activi. Este inexact. Acidul lactic se formează în timpul efortului și nu la 24 ore după încetarea lui. Mai posibilă este producerea unor microleziuni în mușchii solicitați, fără un antrenament premergător și fără o încălzire suficientă.

I. NOȚIUNI GENERALE

1. INTRODUCERE

Sistemul nervos, împreună cu cel endocrin, reglează majoritatea funcțiilor organismului. SN joacă rol mai ales în reglarea activității musculaturii și glandelor secretorii (exo și endocrine), în timp ce sistemul endocrin reglează, în special, funcțiile metabolice. Reglarea activității musculare scheletice este efectuată de SN motor somatic iar reglarea activității musculaturii viscerale și glandelor, de SN vegetativ. Între SN și sistemul endocrin există o strînsă interdependență.

2. MECANISME GENERALE DE REGLARE

Organismul uman este un sistem cibernetic. Noțiunea de sistem este foarte cuprinzătoare. Un sistem este orice ansamblu de elemente aflate în interacțiune neîntîmplătoare. Potrivit acestei definiții, orice organism viu este un sistem, orice aparat sau mașină este un sistem, societatea este un sistem, atomul este și el un sistem etc. Granița dintre sisteme nu este absolută. Delimitarea unui sistem de altul se face în funcție de tăria legăturilor ce se stabilesc între elementele componente ale fiecăruia. Fiecare sistem, la rîndul său, este component al unor sisteme mai complexe și în același timp, conține multe subsisteme. Unele sisteme evoluează spontan, potrivit principiului al II-lea al termodinamicii, spre dezordine, deci spre creșterea entropiei sistemului. Altele se opun acestei creșteri, păstrează un timp entropia constantă sau chiar o reduc (negentropie). Acestea din urmă sînt sisteme autoreglate sau *sisteme cibernetice.*

Cibernetica este o nouă știință al cărei fondator, Norbert Wiener (1945) a definit-o ca știință a comenzii și controlului sistemelor autoreglate, biologice, tehnice sau economico-sociale. Orice sistem cibernetic are cel puțin două componente majore: centrul de comandă și control (C) și dispozitivul de execuție (E) (fig. 49). Pentru a elabora comenzi adecvate, centrul trebuie să primească informații asupra variațiilor parametrului reglat și asupra modului în care sînt executate comenzile. Calea de întoarcere a informației de la efector la centru se numește circuit de feedback, informație recurentă sau conexiune inversă. Toate mecanismele de autoreglare funcționează pe bază de feedback. Pentru ca informația recurentă să fie cît mai exactă, mecanismul de autoreglare prin feedback dispune de un sistem de traductori (T) (receptori) care sesizează atît perturbațiile (P) survenite cît și precizia corecției realizate de efector asupra elementului reglat (ER). Prin feedback, parametrul reglat influențează centrii de reglare. Așadar, mecanismul de feedback funcționează în conformitate cu efectele sale. Comanda elaborată de centru depinde atît de informațiile privind perturbația apărută cît și de cele privind modul în care aceasta este corectată.

Transmiterea informației recurente către centri de comandă se poate face prin contact direct sau prin nume-

roase verigi intermediare. Schema reglării prin feedback poate fi simplă sau complicată, principiul de funcţiune este universal.

Cibernetica s-a născut odată cu lucrările lui Norbert Wiener, dar conceptul de conexiune inversă a fost postulat cu 10—20 ani înainte, de unii savanţi printre care şi românii D. Danielopolu şi S. Odobleja. Recent (1975), un medic român (A. Restian) a dezvoltat conceptul de autoreglare din sistemele biologice, arătînd că, pe lîngă mecanismul de feedback, care este un mecanism de corectare a erorilor, vieţuitoarele dispun şi de mecanisme de prevenire a erorilor, adică de *feedbefore*. Corectarea erorilor asigură numai stabilitatea proprietăţilor sistemelor vii, menţinerea constantă a entropiei, în timp ce prevenirea erorilor permite realizarea unei ordini şi mai perfecte, mai dezvoltate, deci o reducere a entropiei (negentropie).

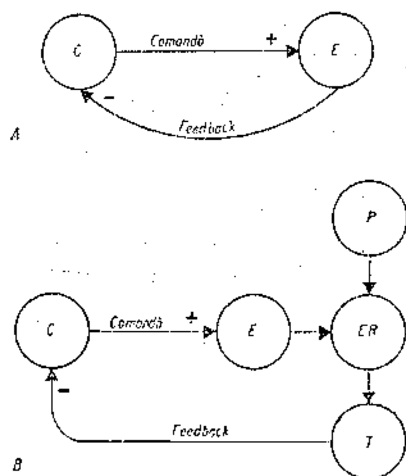


Fig. 49. Cele mai simple mecanisme cibernetice.

În sistemele vii există două mecanisme de feedback: feedback negativ şi feedback pozitiv.

Mecanismul de feedback negativ asigură corecţia permanentă a abaterilor de la normal. Un exemplu este mecanismul de menţinere constantă a concentraţiei glucozei sangvine (glicemia) la valori de 100 mg/100 ml plasmă. Devierea glicemiei spre valori mai mari (hiperglicemia) stimulează secreţia de insulină pancreatică. Aceasta favorizează pătrunderea glucozei în celule, polimerizarea ei sub formă de glicogen, precum şi creşterea consumului de glucoză, efecte ce conduc la scăderea la normal a glicemiei. Vedem deci, că la creşterea glicemiei, sistemele de reglaj au reacţionat prin scăderea concentraţiei de glucoză, adică printr-o negare a sensului deviaţiei iniţiale.

În cazul că se produce o scădere a glicemiei sub valorile normale (hipoglicemie) are loc o reducere a secreţiei de insulină şi o creştere a secreţiei de glucagon şi adrenalină, hormoni ce determină depolimerizarea glicogenului hepatic şi trecerea glucozei în sînge, restabilind valoarea normală a glicemiei. Şi în acest caz mecanismele de reglare au reacţionat printr-o negare a sensului deviaţiei iniţiale.

Această ripostă a organismului, care se opune sensului deviaţiei iniţiale, reprezintă esenţa mecanismului de feedback negativ. Toate mecanismele de menţinere constantă a compoziţiei şi proprietăţilor mediului intern funcţionează pe bază de feedback negativ.

Mecanismul de feedback pozitiv. Cînd reacţia organismului duce la amplificarea abaterii iniţiale, avem de-a-face cu un mecanism de feedback pozitiv. Spre exemplu, la trecerea corpului din poziţia culcat (clinostatism), la poziţia în picioare (ortostatism) are loc, din cauza gravitaţiei, o diminuare a întoarcerii sîngelui venos spre atriul drept. Ca urmare, debitul ventriculului drept spre cei doi plămîni se reduce, ceea ce determină o reducere a umplerii cu

sînge a atriului și ventriculului stîng. În consecință, scade debitul acestui ventricul spre marea circulație. Acest lucru va antrena o reducere suplimentară a volumului întoarcerii venoase la inima dreaptă. Va urma o nouă scădere a debitului cardiac ș.a.m.d. Dacă nu intervin mecanisme care să corecteze aceste perturbații autoamplificate „în cerc vicios", după cîteva zeci de secunde întreaga circulație sangvină se prăbușește, tensiunea arterială scade la zero și individul pierde cunoștiința (leșin). Se constată că mecanismul de feedback pozitiv duce la agravarea unei perturbații inițiale și pune viața în pericol. De aceea, acest tip de mecanism se întîlnește, de regulă, în condiții patologice.

Mecanisme concrete de reglare în sistemele vii

Dacă principiul de autoreglare prin feedback este comun omului, plantelor, microorganismelor și mașinilor cibernetice, conținutul concret al proceselor de reglare este specific fiecărui sistem. La animalele superioare și la om, autoreglările prin feedback și feedbefore se realizează prin două mecanisme: *mecanismul nervos* și *mecanismul umoral*. Aceste mecanisme nu intervin separat și independent, ci în colaborare; orice reglare este neuro-umorală. Centri de comandă și control sînt situați în sistemul nervos central (pentru reglarea nervoasă) și în sistemul endocrin (pentru reglarea umorală). În același timp, întreaga activitate endocrină este coordonată de către SNC, prin intermediul hipotalamusului. La nivelul acestuia are loc integrarea reglării nervoase cu cea umorală. Un al doilea punct de fuziune între mecanismul nervos și cel umoral se întîlnește la nivelul efectorilor periferici a căror funcție este influențată prin mesageri chimici, fie că sînt hormoni (mecanism umoral), fie mediatori chimici eliberați de terminațiile nervoase (mecanism nervos).

Mediul intern. Homeostazia

Organismele unicelulare întrețin relații de schimb direct cu mediul înconjurător (extern) și sînt supuse unor mari perturbații cauzate de condițiile externe. La organismele superior organizate, celulele fac schimb de substanțe și energie cu lichidul extracelular (LEC). O parte din acest lichid circulă prin vasele sangvine și limfatice. Totalitatea acestor lichide (sîngele, limfa și apa intercelulară) reprezintă *mediul intern* al organismului, noțiune introdusă de fiziologul francez Claude Bernard. De la Claude Bernard (1850) s-au adus numeroase dovezi privind stabilitatea compoziției și proprietăților mediului intern. La începutul sec. XX, fiziologul american W. B. Cannon a introdus noțiunea de *homeostazie*, prin care se definește constanța tuturor parametrilor biofizici, biochimici și funcționali ai organismului. Realizarea unui mediu intern cu compoziție constantă a reprezentat un mare succes al sistemelor vii în lupta pentru menținerea și dezvoltarea propriei lor identități. Este mult mai eficient, termodinamic, să cheltuiești energie pentru prevenirea și combaterea perturbațiilor mediului intern, decît pentru a proteja fiecare celulă în parte, de acțiunea directă a factorilor de mediu extern. Homeostazia se menține prin mecanismul de autoreglare.

Nivele de reglaj

Orice organism își conservă homeostazia structurală și funcțională prin mecanisme automate de reglare. Aceste mecanisme se întîlnesc la toate nivelele de organizare ale viețuitoarelor:

nivel subcelular și molecular; nivel celular; nivel de organ; nivel de sistem; nivelul organismului întreg.

Toate acestea reprezintă subsisteme ale sistemului complex — organismul.

3. COMPARTIMENTELE FUNCȚIONALE ALE SN

Reglarea nervoasă a funcțiilor corpului se bazează pe activitatea centrilor nervoși care prelucrează informațiile intrate și elaborează comenzi ce sînt transmise efectorilor. Fiecare centru nervos poate fi separat în două compartimente funcționale:

Compartimentul senzitiv, unde sosesc informațiile culese la nivelul receptorilor.

Compartimentul motor care transmite comenzile la efectori. Deci, fiecare organ nervos are două funcții fundamentale: funcția senzitivă și funcția motorie. La nivelul emisferelor cerebrale mai apare funcția psihică.

Separarea funcțiilor SN în senzitive, motorii și psihice este schematică. În realitate, nu există activitate senzitivă fără manifestări motorii și viceversa, iar stările psihice derivă din integrarea primelor două. Toată activitatea SN se desfășoară într-o unitate, în diversitatea ei extraordinară.

4. REFLEXUL

Mecanismul fundamental de funcționare a sistemului nervos este reflexul. El reprezintă reacția de răspuns a centrilor nervoși la stimularea unei zone receptoare. Termenul a fost introdus în urmă cu 300 ani de către matematicianul și filozoful francez René Descartes. Răspunsul reflex poate fi excitator sau inhibitor.

La realizarea unui reflex participă cinci componente anatomice: receptorul, calea aferentă, centri, calea eferentă, efectorul.

Ele alcătuiesc împreună arcul reflex.

— **Receptorul** este o structură excitabilă, care răspunde la stimuli prin variații de potențial gradate proporțional cu intensitatea agentului excitant. Majoritatea receptorilor sînt celule epiteliale diferențiate și specializate în celule senzoriale (gustative, auditive, vizuale, vestibulare). Alți receptori din organism sînt corpusculii senzitivi, mici organe pluricelulare alcătuiți din celule, fibre conjunctive și terminațiuni nervoase dendritice (receptorii tegumentari, proprioceptorii). Uneori, rolul de receptor îl îndeplinesc chiar terminațiile butonate ale dendritelor (receptorul olfactiv, receptorii durerosi).

La nivelul receptorului are loc transformarea energiei excitantului în influx nervos. Fiecare receptor este specializat în transformarea unei anumite forme de energie din mediul exterior, pentru care pragul său de excitabilitate este cel mai coborît. În același timp, fiecare receptor poate fi stimulat de orice formă de energie, dar de intensități mult mai mari decît energia specifică. Astfel, celulele vizuale sînt sensibile la energii luminoase extrem de slabe (cîteva cuante de lumină), dar pot fi excitate și de energii mecanice mari (o lovitură cu pumnul în ochi provoacă senzații vizuale). La nivelul receptorului are loc traducerea informației purtată de excitant, în informație nervoasă specifică (influxul nervos). Se spune că receptorul codifică sau modulează variația energiei excitantului în variații ale amplitudinii potențialului receptor. Modularea în amplitudine permite receptorului să transmită spre centri informații corecte privind intensitățile diferiților stimuli externi.

Clasificarea receptorilor. Există mai multe criterii de clasificare:

După localizare:
— exteroceptori — din tegument;
— proprioceptori — din aparatul locomotor;
— interoceptori — din viscere şi vasele de sînge.

După natura agentului excitant:
— excitant mecanic — mecanoceptori;
— „ baric — baroceptori;
— „ osmotic — osmoceptori;
— „ volumic — voloceptori;
— „ termic — termoceptori;
— „ fotonic — fotoceptori;
— „ chimic — chemoceptori;
— „ dureros — algoceptori.

După structura receptorului:
— terminaţii dendritice libere;
— celule senzoriale;
— corpusculi senzitivi;
— organe receptoare cu structură complexă (retină, org. Corti etc.).

Calea aferentă. Receptorii vin în contact sinaptic cu terminaţiile dendritice ale neuronilor senzitivi din ganglionii spinali sau de pe traiectul unor nervi cranieni. Variaţiile de potenţial receptor produc depolarizări pasive în terminaţia dendritică, care atingînd pragul critic, descarcă potenţiale de acţiune „tot sau nimic" ce se propagă celulipet. Informarea corectă a centrilor privind variaţiile energiei excitantului se face la nivelul căilor de conducere prin modulare în frecvenţă (modularea în amplitudine nu este posibilă din cauza legii tot sau nimic). Un potenţial receptor de amplitudine redusă determină cîteva PA pe secundă, potenţiale receptor mai ample induc zeci de PA pe secundă, iar potenţialele receptor cele mai ample descarcă la nivelul dendritei mai multe sute de PA pe secundă. Cea mai simplă cale aferentă este reprezentată de neuronul senzitiv spinal şi prelungirile sale.

Distribuţia căii aferente în centri nervoşi, se face în două feluri. *Convergenţa* este un mod de distribuţie în care, un singur neuron central primeşte contacte sinaptice de la mai multe fibre aferente, iar *divergenţa* constă în ramificaţia unei singure fibre aferente la mai mulţi neuroni centrali.

Centri. Potenţialele de acţiune dentritice ajunse la neuronul senzitiv se propagă mai departe celulifug pe axonul acestuia pînă la prima sinapsă. În cazul unui arc reflex elementar, format din doi neuroni, unul senzitiv, celălalt motor, centrul reflex este reprezentat chiar de sinapsa dintre axonul neuronului senzitiv şi corpul celular al neuronului motor. În cazul unor activităţi reflexe mai complexe, calea aferentă este formată dintr-un lanţ de trei sau mai mulţi neuroni senzitivi, iar centri reflecşi sînt reprezentaţi de totalitatea sinapselor ce se realizează în ariile corticale sau în nucleii subcorticali ce primesc şi prelucrează informaţia de la periferie şi elaborează răspunsul.

Prin centri unui reflex se înţelege totalitatea structurilor din sistemul nervos central care participă la actul reflex respectiv. Spre exemplu, centri reflexelor respiratorii se află în bulb dar şi în puntea lui Varole, precum şi în hipotalamus şi în scoarţa cerebrală. Complexitatea şi întinderea unui centru este în funcţie de complexitatea actului reflex pe care-l efectuează.

În termeni cibernetici, prin centru se înţelege organul care primeşte informaţia o prelucrează, o compară cu datele din memorie, elaborează decizii şi controlează permanent modul de execuţie, efectuînd corectările necesare (fig. 50).

La nivelul sinapselor din centri reflecşi, transmiterea informaţiei se face din nou prin modulare în amplitudine

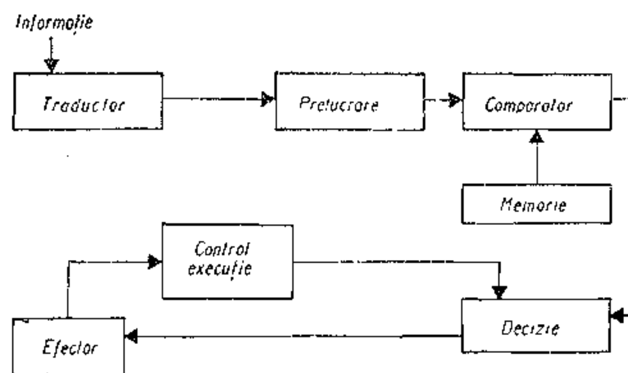


Fig. 50. Model cibernetic simplu al unui centru nervos.

(potențialele postsinaptice nu respectă legea tot sau nimic).

Calea eferentă reprezintă axonii neuronilor motori prin care se transmite comanda către organul efector. Cea mai simplă cale eferentă o întîlnim în cazul reflexului bineuronal; ea este formată din axonul motoneuronului alfa din coarnele anterioare ale măduvei spinării. În cazul sistemului nervos vegetativ, calea eferentă este formată dintr-un lanț de doi neuroni motori; un neuron preganglionar situat în coarnele laterale ale măduvei spinării sau într-un nucleu vegetativ din trunchiul cerebral și un neuron postganglionar situat în ganglionii vegetativi periferici (extranevraxiali). De-a lungul căilor eferente, informația circulă spre efectori din nou prin modulație în frecvență.

Efectorii. Principalii efectori sînt mușchiul striat, mușchiul neted și glandele exocrine. Transmiterea informației de pe axonul căii eferente spre efector prezintă toate caracteristicile transmiterii sinaptice. Exemplul cel mai tipic este transmiterea la nivelul plăcii motorii. Aici, în funcție de frecvența potențialelor de acțiune sosite pe axon, se vor sparge un număr variabil de vezicule cu acetilcolină, care va determina potențiale postsinaptice de amplitudini diferite în funcție de numărul de molecule de acetilcolină eliberată. Ca urmare, pe membrana fibrei striate apar zeci sau sute de potențiale de acțiune pe secundă, producînd contracții de amplitudine și forță corespunzătoare comenzii centrale.

Controlul îndeplinirii comenzii. Mecanismul reflex și arcul reflex cu cele cinci componente ale sale reprezintă un model incomplet al desfășurării activității reflexe. În ultimele decenii s-au evidențiat noi componente anatomice și mecanisme funcționale care participă la controlul modului în care se execută comanda. S-a descoperit existența unor circuite nervoase eferente, ce leagă centri de organele receptoare. Prin intermediul acestora, centri nervoși pot regla pragul de excitabilitate al receptorilor și implicit intensitatea stimulilor aferenți. Un asemenea control se exercită asupra efectorilor musculari de către centri motori extrapiramidali și cerebel.

În același timp, de la nivelul efectorilor pornește spre centri un circuit recurent care îi informează asupra modului îndeplinirii comenzii (feedback).

Legătura dintre mecanismul reflex și mecanismul de feedback

Mecanismul de feedback are caracter universal; el se întîlnește în toate sistemele autoreglate, indiferent de substanța din care sînt alcătuite. Mecanismul reflex reprezintă o varietate concretă de mecanism de feedback întîlnită în sistemele de reglare nervoasă.

Comanda și controlul exercitate de centri nervoși sînt de natură reflexă. În acest sens, centri nervoși nu sînt numai senzitivi sau numai motori ci ei reprezintă centri de integrare senzitivo-motorie. Răspunsul reflex poate sur-

veni imediat după acțiunea stimulului sau poate întîrzia minute, zile sau ani. În aceste cazuri, informația ce intră în centri este depozitată sub formă de memorie. Ea va fi actualizată în momentul elaborării răspunsului.

5. CREIERUL CA UN CALCULATOR ELECTRONIC

Frapați de similitudinea dintre procesele nervoase și cele ce au loc într-un calculator electronic, neurofiziologii au comparat SN și în special creierul uman cu un computer extrem de perfecționat. Într-adevăr, schema generală de lucru a unui calculator electronic se regăsește și la nivelul unui organ nervos complex (fig. 51). Ca și computerul, SN prezintă intrări (componenta receptorie) și ieșiri (componenta motorie). Cînd ieșirile depind numai de intrări, avem de-a face cu reflexele spinale simple. În cazul

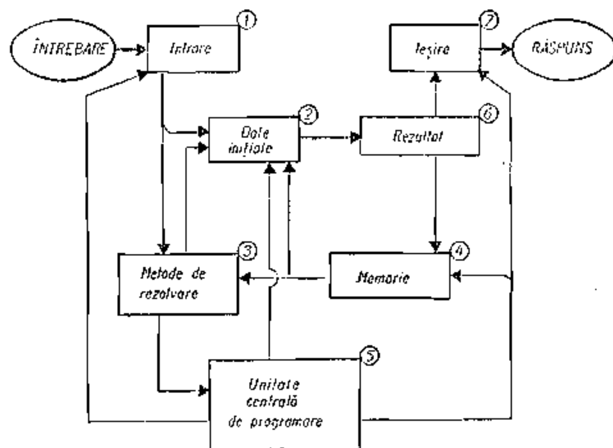


Fig. 51. Schema generală a unui „creier" electronic.

răspunsurilor mai complexe, între intrări și ieșiri se interpun dispozitive de memorie, soluționare și programare a activităților. Acestea influențează atît intrările cît și ieșirile, ordonînd diferitele procese nervoase după tipare prestabilite sau după voința individului. Se constată că activitatea organelor nervoase ale SN, exteriorizată la nivelul diferiților efectori, depinde de cantitatea informației intrate și de modul în care ea este prelucrată. Aceleași impulsuri aferente pot duce la răspunsuri diferite, după cum ele sînt prelucrate numai de măduva spinării, de măduvă și trunchiul cerebral sau de întreg SN. Spre exemplu, dacă unui cîine îi călcăm pe coadă, rezultatul va fi retragerea reflexă a cozii în cazul cîinelui cu măduva separată de encefal și atacul cu dinții asupra agresorului, în cazul celui cu SN intact.

6. ARHITECTURA FUNCȚIONALĂ A SN

Sistemul nervos al animalelor superioare s-a dezvoltat pe baza organelor nervoase existente la animalele mai inferioare. Cel mai evident produs al evoluției filogenetice este encefalul și în special etajul său cel mai evoluat, telencefalul. La animalele inferioare, toate funcțiile de reglaj nervos sînt rezolvate de centri spinali, din trunchiul cerebral și din arhicerebel. Mai tîrziu se dezvoltă (la păsări) talamusul, nucleii bazali și paleocerebelul; abia la mamifere apar emisferele cerebrale și neocerebelul, organe care la om au atins cel mai înalt stadiu de dezvoltare.

Noile structuri apărute au preluat în bună parte funcțiile vechi fără a reorganiza tiparele morfo-funcționale ale etajelor inferioare. Reflexul de apărare față de excitanți dureroși are același arc anatomic la broască și la mamifer. Pe de altă parte, dacă unui mamifer inferior (Oposum) îi secționăm în două măduva spinării acesta poate să

meargă în continuare, doar că mișcările membrelor posterioare nu se mai coordonează cu ale celor anterioare. O asemenea secționare la om, suprimă definitiv locomoția. Centri superiori s-au suprapus celor inferiori, aducînd funcții noi dar mai ales, perfecționînd pe cele vechi. Așa se explică existența, pentru aceeași funcție, a mai multor centri ierarhici dispuși în măduvă, trunchiul cerebral, diencefal și scoarța emisferelor cerebrale. De aceea este greșită concepția de localizare punctiformă a centrilor nervoși. Procesul evolutiv în urma căruia apar centri superiori ce preiau și perfecționează funcțiile centrilor inferiori, se numește *telencefalizare*. Din cauza telencefalizării, funcțiile măduvei spinării la mamiferul spinal sînt mult mai rudimentare față de broasca spinală.

II. FIZIOLOGIA NEURONULUI ȘI A SINAPSEI

Fiziologia neuronului

Neuronul are două proprietăți fundamentale: excitabilitatea și conductibilitatea.

Excitabilitatea reprezintă proprietatea neuronului de a răspunde la un stimul printr-un potențial de acțiune. Nu toate componentele neuronului se comportă la fel față de agenții excitanți; axonul și dendritele lungi răspund prin potențiale tot sau nimic, propagate. Terminațiile dendritice cu rol de receptor ca și membranele postsinaptice răspund prin potențiale locale, gradate în funcție de intensitatea excitantului. Parametri excitabilității și biofizica excitației neuronale au fost studiate cu microelectrozi implantați în axoni giganți de cefalopode.

Conductibilitatea este proprietatea neuronului de a propaga excitația în lungul prelungirilor sale. Din studiul excitabilității se știe că în momentul producerii potențialului de acțiune, suprafața exterioară a membranei devine negativă. Această stare fizică echivalează cu efectele unui catod puternic ce induce în jurul său, depolarizări critice ale membranei urmate de noi potențiale de acțiune în zonele limitrofe ș.a.m.d.

Conducerea influxului nervos nu este altceva decît propagarea PA din punct în punct pe toată suprafața neurilemei. Această conducere este bidirecțională, atît pe dendrită cît și pe axon (fig. 52, *A*). Sensul normal al condu-

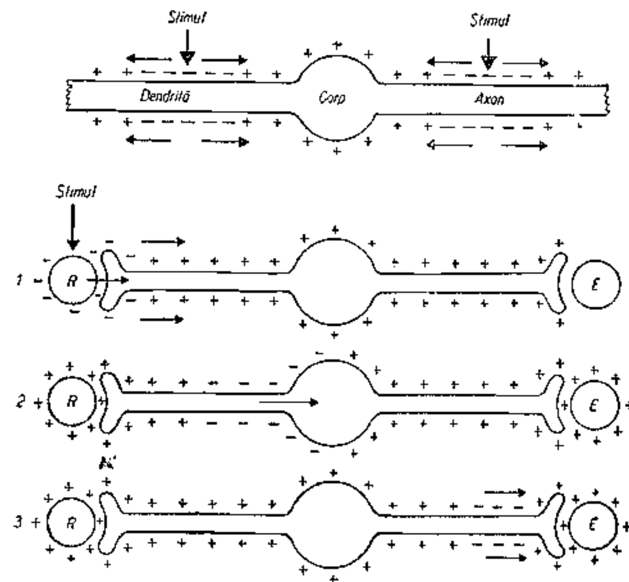


Fig. 52. Conducerea bidirecțională (A) și unidirecțională ($B_{1, 2, 3}$).

cerii, observat în organism, se datorește sinapselor și receptorilor, care conduc impulsul într-un singur sens. Fiziologic, excitația se produce în receptor, de unde se propagă la dendrită, parcurge lungimea dendritei în sens celulipet, excită corpul neuronal de unde pornește celulifug pe axon spre alți neuroni și în final spre efector (fig. 52, *B*). La nivelul sinapselor, conducerea se face întotdeauna de la membrana presinaptică la cea postsinaptică.

Propagarea punctiformă din aproape în aproape a undei negative de suprafață are loc în fibrele amielinice. În fibrele mielinice, conducerea se face *saltator*, de la un internod la altul, impulsul putînd sări chiar 4—5 noduri. Conducerea saltatorie, datorată tecii de mielină are avantajul creșterii vitezei precum și a reducerii cheltuielilor energetice deoarece pompele ionice sînt obligate să lucreze numai la nivelul strangulațiilor Ranvièr.

Vitezele de conducere pe fibrele nervoase depind de specia animalului (sînt mai reduse pe treptele joase ale scării zoologice), de diametrul fibrei (fibrele groase conduc mai rapid) și de prezența tecii de mielină (fibrele amielinice conduc mai încet). Cele mai mari viteze de conducere se realizează pe fibrele mielinice groase de pînă la 20 μ diametrul, ale căilor proprioceptive (120 m/s) iar vitezele cele mai mici se întîlnesc pe fibrele subțiri (1 μ) amielinice vegetative (0,5 m/s).

Conducerea nervoasă poate fi încetinită sau suprimată temporar sau definitiv prin agenți ca frigul, anestezicele sau distrugerea integrității anatomice. Pe fibrele unui nerv conducerea este izolată, potențialul de acțiune al unei fibre nu sare pe fibrele vecine. Dacă sînt leziuni ale tecilor axonului sau dendritei, poate avea loc o conducere spre fibrele vecine (conducere prin contact sau efaptică). Deși conducerea efaptică nu are loc în mod fiziologic, totuși fibrele vecine suferă depolarizări, sub valoarea prag, la trecerea unui potențial de acțiune prin fibra centrală.

Fiziologia sinapsei

Sinapsa este un organ, întîlnit la nivelul contactului dintre doi neuroni sau dintre neuron și celula receptoare sau efectoare. La nivelul sinapselor are loc transmiterea impulsului nervos de la o celulă la alta. Întreaga activitate a sistemului nervos de la reflexele cele mai simple și pînă la procesele psihice cele mai complexe ce stau la baza conștiinței de sine a materiei, se realizează pe baza vehiculării informației prin centri nervoși. Sinapsa ca loc de trecere obligatorie a informației joacă un rol covărșitor.

Numărul contactelor sinaptice ale unui singur neuron este de ordinul miilor, iar numărul tuturor circuitelor posibile într-un creier este de $10^{80\,000}$.

Transmiterea sinaptică. Potențialul de acțiune ce se propagă pe axon, ajunge la butonul sinaptic și provoacă spargerea veziculelor cu mediator chimic. Acesta difuzează în spațiul sinaptic și acționează asupra membranei postsinaptice, ce prezintă receptori biochimici de interacțiune cu mediatorul. În urma interacțiunii mediator-receptor are loc o variație de potențial al membranei postsinaptice numită potențial post-sinaptic. Amplitudinea potențialului postsinaptic depinde de numărul de vezicule sparte iar acesta depinde de frecvența potențialelor de acțiune sosite pe axon.

Potențialul postsinaptic poate fi excitator (PPSE) (cînd mediatorul chimic produce depolarizarea parțială a membranei post-sinaptice) sau inhibitor (PPSI) (cînd are loc o hiperpolarizare a acesteia).

Există două feluri de sinapse: excitatorii în care se eliberează mediatori chimici excitatori (acetilcolina, noradrenalina) și inhibitorii, în care se eliberează mediatori chimici inhibitori (acidul gamaaminobutiric etc.). Din miile de sinapse ale unui neuron jumătate sînt excitatorii și jumătate inhibitorii. Sosirea unui impuls la o sinapsă inhi-

bitorie, hiperpolarizează neuronul, îl face mai hipoexcitabil în timp ce la o sinapsă excitatoare are loc depolarizarea parțială a neuronului. Neuronul face o integrare a miilor de impulsuri excitatorii și inhibitorii care-l bombardează permanent. Dacă predomină potențialele postsinaptice excitatorii, are loc o depolarizare a neuronului pînă la pragul critic, este generat un potențial de acțiune tot sau nimic ce se propagă la prima strangulație Ranvier a axonului și de aici mai departe. Rezultă că pentru a se descărca neuronul este necesară fie activarea cu mare frecvență a unei sinapse excitatorii fie activarea simultană a mai multor sute de asemenea sinapse. Impulsuri excitatorii izolate nu pot activa neuronul. Dacă asupra neuronului se exercită la un moment dat efectele sinapselor inhibitorii, atunci transmiterea mai departe a impulsurilor excitatorii nu are loc. La nivelul corpului neuronal are loc așadar un proces de sumație spațială și temporală a tuturor potențialelor postsinaptice, iar rezultatul final depinde de echilibrul dintre efectele excitatorii și inhibitorii.

Deoarece transmiterea sinaptică este chimică ea poate fi influențată de condițiile metabolice, de acțiunea unor medicamente, de frig etc. Nicotina blochează transmiterea în sinapsele excitatorii colinergice (mediator chimic acetilcolina) iar stricnina blochează transmiterea în sinapsele inhibitorii, favorizînd pe cele excitatorii.

Sinapsele joacă un rol considerabil în procesele de memorie. La nivelul membranelor postsinaptice se sintetizează proteine ale memoriei ce permit reactivarea unor circuite sinaptice identice cu cele care au activat în timpul învățării noțiunilor respective. Numărul contactelor sinaptice ale neuronilor din scoarța cerebrală crește cu vîrsta. După ce a acționat la nivelul membranei postsinaptice, mediatorul chimic este inactivat de enzime specifice. Datorită mecanismului chimic al transmiterii sinaptice, impulsul nervos suferă la nivelul fiecărei sinapse o întîrziere de 0,5 milisecunde (latența sinaptică).

III. MĂDUVA SPINĂRII (ANATOMIE)

Așezare, raporturi

Măduva spinării are formă de cordon cilindric ușor turtit în sens antero-posterior (sagital), astfel că diametrul transversal depășește cu puțin diametrul antero-posterior. Se găsește situată în canalul vertebral, format din suprapunerea orificiilor vertebrale, pe care însă nu-l ocupă în întregime. Limita superioară a măduvei corespunde găurii occipitale prin care canalul vertebral comunică în sus cu cavitatea craniană, iar limita inferioară se află situată în dreptul vertebrei L_2. Faptul că măduva își are limita inferioară în dreptul vertebrei L_2 se explică prin ritmul de creștere al coloanei vertebrale mai rapid decît al măduvei. Tot din această cauză, rădăcinile nervilor spinali, lombari și sacrali, au o direcție oblică în jos. Măduva spinării nu ocupă nici toată grosimea canalului vertebral. Între peretele osos al vertebrelor și măduvă se află cele 3 membrane ale meningelor vertebrale care asigură protecția și nutriția măduvei.

Sub vertebra L_2 măduva se prelungește cu conul medular, iar acesta cu filum terminale care ajunge la coccis. De o parte și de alta a conului medular și a filumului terminale — nervii lombari și sacrali cu direcție aproape verticală formează „coada de cal".

Aspectul exterior al măduvei

În dreptul regiunilor cervicală și lombară, măduva prezintă două regiuni mai voluminoase; intumescența cervicală și respectiv lombară, ce corespund membrelor (prima, plexului brahial, secunda, plexului lombar și sacral).

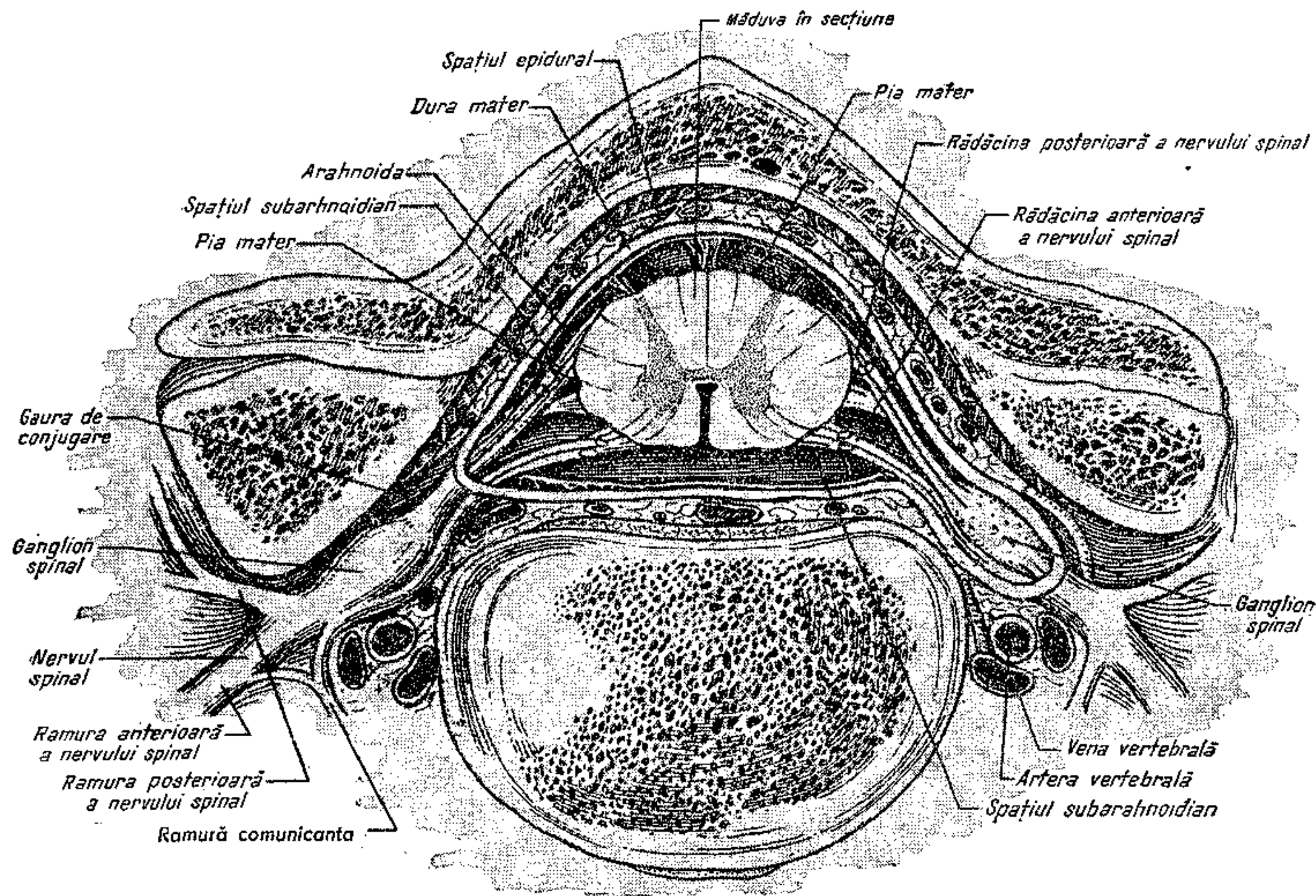


Fig. 53. Secțiune transversală prin canalul rahidian (schemă).

La suprafața măduvei se observă o serie de șanțuri: anterior și pe linia mediană, un șanț mai adînc numit *fisura mediană*, posterior pe linia mediană se observă *șanțul median dorsal*, mai puțin adînc decît fisura mediană și continuat în măduvă de *septul median posterior;* lateral de fisura mediană se observă *șanțurile ventrolaterale* prin care ies rădăcinile anterioare ale nervilor spinali iar lateral de șanțul median dorsal se află *șanțurile dorsolaterale* prin care intră rădăcinile posterioare ale nervilor spinali (fig. 53). În măduva toracală superioară și cervicală, între șanțurile median dorsal și șanțurile dorso-lateral apar *șanțurile intermediare* de la care pleacă profund, în cordoanele posterioare, *septul intermediar,* care separă fasciculul gracilis de fasciculul cuneat.

Meningele spinale

Este alcătuit din 3 membrane de protecție care învelesc măduva. La nivelul găurii occipitale, meningele spinale se continuă cu meningele cerebrale. Membrana exterioară se numește duramater. Are o structură lamelară fibroasă, rezistentă și este separată de pereții canalului vertebral prin spațiul epidural în care se află țesut conjunctiv și gras cît și vene multiplu anastomozate. Superior, la nivelul găurii occipitale, se continuă cu duramater craniană. Inferior se termină în fund de sac în care sînt adăpostite filum terminale și coada de cal. Sub vertebra S_2, filum terminale, împreună cu învelișul dural cu care vine în contact formează ligamentul coccigian.

Arahnoida are o structură conjunctivă și este separată de dura mater prin spațiul subdural și de pia mater prin spațiul subarahnoidian care conține lichid cerebrospinal (LCR).

Piamater sau meningele vascular este o membrană conjunctivo-vasculară, cu rol nutritiv, care învelește măduva de care aderă intim pătrunzînd în șanțuri și fisuri. În grosimea ei se găsesc numeroase vase arteriale și nervi, în special simpatici. Prelungirile piale pătrund, împreună cu ramurile arteriale, în substanța nervoasă, participînd la constituirea barierei hemato-encefalice.

Structura măduvei spinării

Măduva este formată din substanță cenușie dispusă în centru, avînd aspectul literei „H“ și substanța albă, la periferie, sub formă de cordoane (funicule).

Substanța cenușie. Este constituită din corpul neuronilor. Bara transversală a „H“-ului formează comisura cenușie a măduvei iar porțiunile laterale al „H“-ului sînt subdivizate în coarne: anterioare, laterale și posterioare.

Comisura cenușie prezintă în centru canalul ependimar care conține LCR și care, în sus, la nivelul trunchiului cerebral, se dilată formînd ventriculul IV. De asemenea, el se dilată și în porțiunea terminală a măduvei, formînd la nivelul filumului terminale, ventriculul V, numit și ventriculul terminal.

Coarnele anterioare (ventrale) conțin dispozitivul somato-motor care este mai bine dezvoltat în regiunea intumescențelor (cervicală și lombară). Coarnele anterioare sînt mai late și mai scurte decît cele posterioare și conțin 2 tipuri de neuroni somato-motori: neuroni α (alfa) și neuroni γ (gama), ai căror axoni formează rădăcina ventrală a nervilor spinali. Axonul neuronului α ajunge la mușchiul striat cu care contractă o sinapsă specială neuro-efectorie numită placă motorie, în timp ce axonul neuronului γ ajunge la porțiunea periferică (contractilă) a fibrelor musculare din structura fusului neuromuscular. Atît neuronii α cît și neuronii γ sînt de tip multipolar, al căror corp au diametre de 70—150 μ.

Coarnele posterioare (dorsale) conțin neuroni senzitivi care au semnificația de deutoneuron (al II-lea neuron), pro-

toneuronul (I neuron) fiind situat în ganglionii spinali. La nivelul deutoneuronilor se termină o parte din axonii neuronilor pseudounipolari (I neuron) din ganglionul spinal. Neuronii senzitivi din coarnele posterioare sînt mici, dispuşi sub formă de grupe relativ structuralizate, numite nuclei (nucleul capului cornului posterior, nucleul toracic etc.).

Coarnele anterioare şi posterioare apar pe secţiunea longitudinală sub formă de coloane.

Coarnele laterale sînt vizibile în regiunea cervicală inferioară (C_8), în regiunea toracală (T_1—T_{12}) şi lombară superioară (L_1—L_2). Conţin neuroni vegetativi simpatici ai căror axoni părăsesc măduva pe calea rădăcinii ventrale a nervului spinal şi formează fibrele preganglionare ale sistemului simpatic.

Între coarnele laterale şi posterioare se află substanţa reticulată a măduvei mai bine individualizată în regiunea cervicală şi formată din neuroni dispuşi în reţea.

Substanţa albă. Se află la periferia măduvei şi este dispusă sub formă de cordoane (funicule) în care găsim fascicule ascendente situate, în general, periferic, descendente profund de precedentele, şi fascicule de asociaţie, situate cel mai profund, în imediata vecinătate a substanţei cenuşii. Între fisura mediană şi coarnele anterioare se află cordoanele anterioare; între septul median posterior care prelungeşte şanţul median dorsal şi coarnele posterioare se află cordoanele posterioare iar între coarnele anterioare şi posterioare se află cordoanele laterale.

În aceste cordoane se află fibre nervoase grupate în fascicule ascendente ale sensibilităţii, descendente ale motricităţii şi fascicule de asociaţie.

În cordoanele posterioare se află fasciculul gracilis (Goll) şi, lateral de acesta, fasciculul cuneat (Burdach), acesta din urmă existînd numai în măduva toracală superioară şi cervicală. Fasciculul cuneat este despărţit de gracilis printr-un sept intermediar. Ambele fascicule sînt formate din axoni lungi ai I neuron (protoneuronul) cu sediul în ganglionul spinal. În cordoanele posterioare întîlnim, de asemenea, şi fascicule de asociaţie, care leagă între ele diferite segmente ale măduvei.

În cordoanele anterioare se află toate trei feluri de fascicule:

I. Fascicule de asociaţie — fasciculul fundamental; îşi au originea în neuroni din substanţa cenuşie a măduvei. Prelungirile neuronilor din substanţa cenuşie a măduvei părăsesc substanţa cenuşie şi, ajunse în substanţa albă, se divid într-o ramură ascendentă şi una descendentă. Aceste ramuri care formează fasciculul fundamental, după un traiect mai mult sau mai puţin lung, reintră în substanţa cenuşie.

II. Fascicule ascendente — reprezentate de fasciculul spino-talamic anterior, cu originea în deutoneuronul de la nivelul cornului posterior al măduvei (protoneuronul se află în ganglionul spinal). Axonul deutoneuronului, după ce se încrucişează cu opusul, ajunge în cordonul anterior de partea opusă.

III. Fascicule descendente; acestea sînt de două categorii:

— *Fascicule piramidale,* care controlează motilitatea voluntară şi care au origine în scoarţă — fasciculul piramidal direct sau corticospinal anterior, situat în jurul fisurii mediane.

— *Fascicule extrapiramidale,* care controlează motilitatea involuntară automată şi semiautomată, avînd origine subcorticală, cum ar fi:

— fasciculul tectospinal, cu originea în tectum (lama cvadrigemina);

— fasciculul vestibulospinal, cu originea în nucleii vestibulari din bulb.

În cordoanele laterale se află toate cele trei tipuri de fascicule.

I. *Fascicule de asociație* (fasciculul fundamental) care, după cum am văzut, se găsește și în cordonul anterior al măduvei.

II. *Fascicule ascendente*, reprezentate de fasciculele spinotalamic lateral și de cele două fascicule spinocerebeloase ventral (încrucișat, Gowers) și dorsal (direct, Flechsieg).

Fasciculul spinotalamic lateral își are originea în deutoneuronul de la nivelul cornului posterior al măduvei (protoneuronul se află în ganglionul spinal). Axonul deutoneuronului din cornul posterior al măduvei, după ce se încrucișează cu opusul, ajunge în cordonul lateral opus, unde formează fasciculul spinotalamic lateral, situat medial de fasciculul spinocerebelos ventral (încrucișat).

Fasciculele spinocerebeloase își au originea în deutoneuronii de la nivelul cornului posterior. În cazul fasciculului spinocerebelos dorsal — direct Flechsieg, axonul deutoneuronului din cornul posterior trece în cordonul lateral de aceeași parte, în timp ce în cazul fasciculului spinocerebelos ventral — încrucișat — Gowers, axonul deutoneuronului se încrucișează și trece în cordonul lateral de partea opusă. Ambele fascicule spinocerebeloase ocupă partea periferică a cordoanelor laterale.

III. *Fascicule descendente*. Ca și în cordonul anterior, în cordonul lateral există două categorii de fascicule descendente.

a. *Fascicule piramidale*, care controlează motilitatea voluntară și au originea în scoarță — *fasciculul piramidal încrucișat* (corticospinal lateral), situat în cordonul lateral medial de fasciculul spinocerebelos dorsal și posterior de fasciculul spinotalamic lateral.

b. *Fascicule extrapiramidale*, care controlează motilitatea involuntară automată și semiautomată, avînd originea subcorticală:

— fasciculul rubrospinal, cu originea în nucleul roșu din mezencefal, situat înaintea fasciculului piramidal încrucișat;

— fasciculul olivospinal, cu originea în oliva bulbară și situat în cordonul lateral, anterior de fasciculul spinocerebelos ventral;

— fasciculul reticulospinal, cu originea în formația reticulară a trunchiului cerebral.

I. Căile ascendente (ale sensibilității)

Căile sensibilității exteroceptive

1. Calea sensibilității termice și dureroase:

— *Receptorii* sînt în piele. Pentru sensibilitatea dureroasă, receptorii sînt terminațiile libere iar pentru sensibilitatea termică, sînt terminațiile nervoase libere.

— *Protoneuronul* (I neuron) se află în ganglionul spinal și este un neuron pseudounipolar, a cărei dendrită, lungă, ajunge la receptori iar axonul pătrunde pe calea rădăcinii posterioare în măduvă.

— *Deutoneuronul* (II neuron) se află în neuronii senzitivi din cornul posterior al măduvei. Axonul lui trece în cordonul lateral opus unde formează fasciculul spinotalamic lateral care, în traiectul său ascendent, străbate măduva și trunchiul cerebral, îndreptîndu-se spre talamus.

— *Al III-lea neuron* se află în talamus. Axonul celui de al treilea neuron se proiectează pe scoarța cerebrală, în aria somestezică I din lobul parietal, gir postcentral, cîmpurile 3, 1, 2.

2. Calea sensibilității tactice grosolane (protopatice):

— *Receptorii*, în piele, sînt reprezentați de corpusculii Meissner și discurile tactile Merkel.

— *Protoneuronul* (I neuron) se află în ganglionul spinal. Dendrita acestui neuron, lungă, ajunge la nivelul re-

ceptorilor iar axonul pătrunde pe calea rădăcinii posterioare în măduvă.

— *Deutoneuronul* (II neuron) se află în neuronii senzitivi din cornul posterior. Axonul acestor neuroni trece în cordonul anterior opus, alcătuind fasciculul spinotalamic anterior care, în traiectul său ascendent, străbate măduva, trunchiul cerebral și ajunge la talamus.

— *Al III-lea neuron* se află în talamus. Axonul lui se proiectează în scoarța cerebrală, în aria somestezică I (fig. 54).

3. Calea sensibilității tactile epicritice (fină):

Utilizează calea cordoanelor posterioare împreună cu calea proprioceptivă kinestezică odată cu care va fi descrisă.

Căile sensibilității proprioceptive

1. Calea sensibilității kinestezice

Sensibilitatea kinestezică (simțul poziției și al mișcării corpului în spațiu) utilizează calea cordoanelor posterioare, împreună cu sensibilitatea tactilă epicritică.

Receptorii:

a. *pentru sensibilitatea tactilă epicritică* sînt aceiași ca și pentru sensibilitatea tactilă protopatică, însă cu cîmp receptor mai mic;

b. *pentru sensibilitatea kinestezică* receptorii sînt corpusculii neurotendinoși ai lui Golgi, corpusculii Ruffini, terminații nervoase libere, corpusculii Paccini.

Protoneuronul (I neuron) se află în ganglionul spinal, a cărei dendrită, lungă, ajunge la receptori. Axonul, de asemenea lung, pătrunde în cordonul posterior, formînd la acest nivel fasciculul gracilis și fasciculul cuneat. Menționăm că fasciculul cuneat apare numai în măduva toracală superioară și în măduva cervicală. Aceste două fascicule, numite și fascicule spinobulbare, urcă spre bulb.

Deutoneuronul (II neuron) se află în nucleii Goll (gracilis) și Burdach (cuneat) din bulb. Axonii celui de al II-lea neuron se încrucișează și formează decusația senzitivă — după care devin ascendenți și formează lemniscul medial care se îndreaptă spre talamus.

Al III-lea neuron se află în talamus. Axonul celui de-al treilea neuron se proiectează în aria somestezică I (fig. 55).

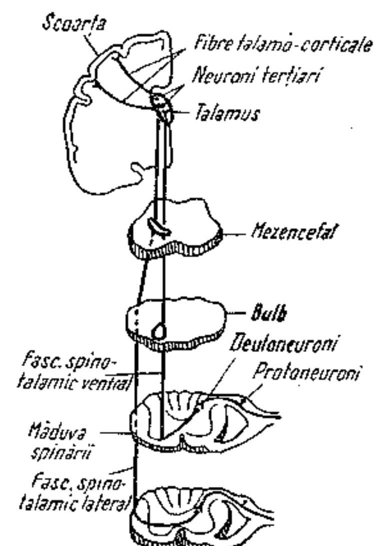


Fig. 54. Conducerea prin fasciculul spinotalamic.

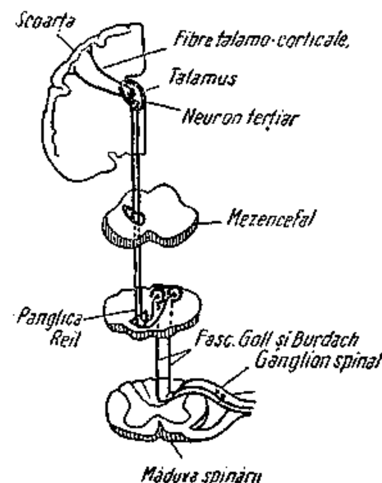


Fig. 55. Schema căilor de conducere prin fasciculul cuneat și gracil.

2. Calea sensibilității proprioceptive de control a mișcării
(simțul tonusului muscular)

Această cale este constituită din două tracturi:
— tractul spinocerebelos dorsal (direct, Flechsieg);
— tractul spinocerebelos ventral (încrucișat, Gowers).
Receptorii acestei căi sînt fusurile neuromusculare.
Protoneuronul (I neuron) este localizat în ganglionul spinal; dendrita ajunge la receptori iar axonul, pe calea rădăcinii posterioare, intră în măduvă, în substanța cenușie.
— *Deutoneuronul* (II-lea neuron) se află în neuronii senzitivi din cornul posterior al măduvei. Axonul celui de al II-lea neuron se poate comporta în două moduri:
— fie se duce în cordonul lateral de aceeași parte, formînd fasciculul spinocerebelos dorsal, direct, Flechsieg;
— fie ajunge în cordonul lateral de partea opusă, deci se încrucișează și formează fasciculul spinocerebelos ventral, încrucișat, Gowers. Ambele fascicule au un traiect ascendent, străbat măduva și ajung în trunchiul cerebral, unde se comportă în mod diferit;
— fasciculul spinocerebelos dorsal, străbate numai bulbul și apoi, pe calea pedunculului cerebelos inferior, ajunge la cerebel;
— fasciculul spinocerebelos ventral străbate bulbul, puntea și mezencefalul și apoi, pe calea vălului medular superior cuprins între cei doi pedunculi cerebeloși superiori, ajunge la cerebel.

c. Căile sensibilității interoceptive

În condiții normale, viscerele nu reacționează la stimuli mecanici, termici, chimici, iar influxurile nervoase interoceptive nu devin conștiente. Numai în condiții anormale viscerele pot fi punctul de plecare al senzației dureroase.

Receptorii se găsesc în pereții vaselor și ai organelor, sub formă de terminații libere sau corpusculi lamelați.
Protoneuronul (I neuron) se găsește în ganglionul spinal; dendrita lui ajunge la receptori iar axonul pătrunde în măduvă.
Deutoneuronul (II-lea neuron) se află în măduvă; axonii acestuia intră în alcătuirea fasciculului spinoreticulotalamic și, din aproape în aproape (deci multe sinapse și conducere lentă), ajung la talamus.
Al III-lea neuron se află în talamus. Zona de proiecție corticală este difuză.

II. Căile descendente (ale motricității)

A. Calea sistemului piramidal, cu originea în cortexul cerebral, controlează motilitatea voluntară.
Fasciculul piramidal (corticospinal) are origini corticale diferite: aria motorie (cîmpul 4), aria premotorie (cîmpul 6), aria somestezică (cîmpurile 3, 1, 2). Dintre cele 1 000 000 fibre ale fasciculului piramidal, 700 000 sînt mielinizate. Fibrele fasciculului piramidal străbat, în direcția lor descendentă, toate cele trei etaje ale trunchiului cerebral și, ajunse la nivelul bulbului, se comportă diferit:
— 75%—90% din fibre se încrucișează la nivelul bulbului (decusația piramidală), formînd *fasciculul piramidal încrucișat* sau corticospinal lateral care, așa cum îi arată și numele, ajunge în cordonul lateral al măduvei;
— 10—25% din fibrele fasciculului piramidal nu se încrucișează și formează *fasciculul piramidal direct* (corticospinal anterior) care ajunge în cordonul anterior de aceeași parte, fiind situat lîngă fisura mediană. În dreptul fiecărui segment, o parte din fibre părăsesc acest fascicul, se încrucișează și trec în cordonul anterior opus.
În traiectul lui prin trunchiul cerebral, din fibrele fasciculului piramidal se desprind fibre corticonucleare care

ajung la nucleii motori ai nervilor cranieni (similari cornului anterior al măduvei).

În concluzie, calea sistemului piramidal are doi neuroni:

— un neuron cortical, central, de comandă;

— un neuron inferior, periferic sau de execuție care poate fi situat în cornul anterior al măduvei sau în nucleii motori ai nervilor cranieni. El este denumit și calea finală comună deoarece asupra lui converg toate căile descendente. Leziunea lui duce la paralizie flască și atrofie musculară.

B. Calea sistemului extrapiramidal are originea în etajele subcorticale și controlează motilitatea involuntară automată și semiautomată.

Menționăm, în cadrul sistemului extrapiramidal, următoarele fascicule:

1. *Fasciculul tectospinal,* cu originea în tectum (lama quadrigemina), situat pe fața posterioară a mezencefalului; ajunge în cordonul anterior.

2. *fasciculul vestibulospinal,* cu originea în nucleii vestibulari din bulb; ajunge în cordonul anterior.

3. *fasciculul rubrospinal,* cu originea în nucleul roșu din mezencefal; ajunge în cordonul lateral.

4. *fasciculul reticulospinal,* cu originea în formația reticulară a trunchiului cerebral; ajunge în cordonul lateral.

5. *fasciculul olivospinal* — cu originea în oliva bulbară; ajunge în cordonul lateral.

Toate aceste fascicule extrapiramidale ajung în final la neuronii motori din cornul anterior al măduvei.

Prin căile descendente centrii encefalici exercită controlul motor voluntar (calea piramidală) și automat (căile extrapiramidale) asupra musculaturii scheletice. În acest mod este reglat tonusul muscular, activitatea motorie și sînt menținute postura și echilibrul corpului.

Nervii spinali

Nervii spinali conectează măduva cu receptorii și efectorii (somatici și vegetativi). Sînt în număr de 31 de perechi și au o dispoziție metamerică. În regiunea cervicală există 8 nervi cervicali (primul iese între osul occipital și prima vertebră cervicală), în regiunea toracală sînt 12 nervi, 5 în regiunea lombară și sacrală și unul în regiunea coccigiană (fig. 56).

Nervii spinali sînt formați din două rădăcini:

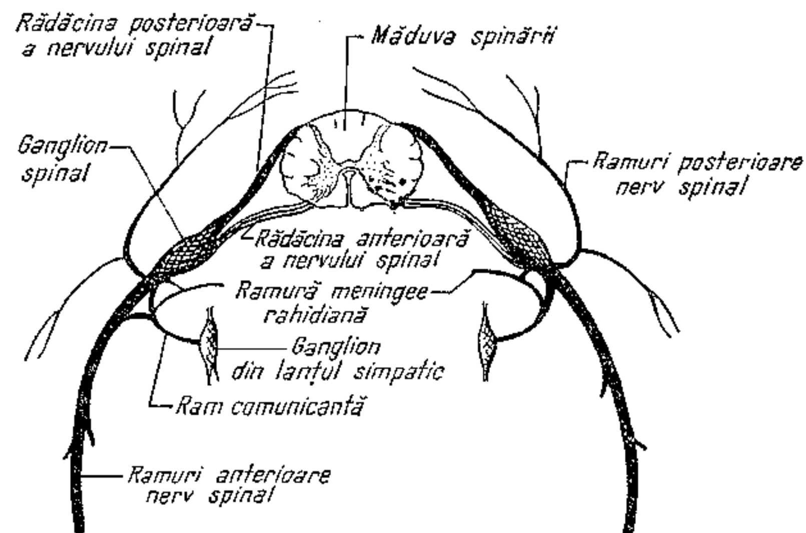
— anterioară (ventrală), motorie;

— posterioară (dorsală), senzitivă, care prezintă pe traiectul ei ganglionul spinal.

Rădăcina anterioară conține axonii neuronilor somatomotori din cornul anterior al măduvei și axonii neuronilor visceromotori din cornul lateral. Neuronii somatomotori se disting în neuroni α al căror axon ajunge pe calea rădăcinii anterioare a nervului spinal la mușchiul striat cu care formează o sinapsă neuroefectorie specială numită placa motorie, și neuroni γ ai căror axoni ajung la porțiunea periferică prevăzută cu miofibrile — a fibrelor fusului neuromuscular.

La neuronii somatomotori din cornul anterior al măduvei sosesc impulsuri de la scoarța cerebrală pe calea fasciculelor piramidale, de la trunchiul cerebral pe calea fasciculelor extrapiramidale și de la ganglionul spinal prin axonul neuronului somatosenzitiv care se pune în legătură cu neuronii somatomotori din coarnele anterioare fie direct, fie prin intermediul neuronilor de asociație.

În rădăcina anterioară a nervului spinal mai pătrund și axonii neuronilor visceromotori (simpatici) din coarnele laterale ale măduvei. Axonul lor mielinic, pătrunde în rădăcina anterioară a nervului spinal pe care apoi o părăsește prin ramura comunicantă albă, ajungînd pe calea acesteia la un ganglion vegetativ simpatic laterovertebral. La acest nivel face sinapsa cu un al doilea neuron al cărui



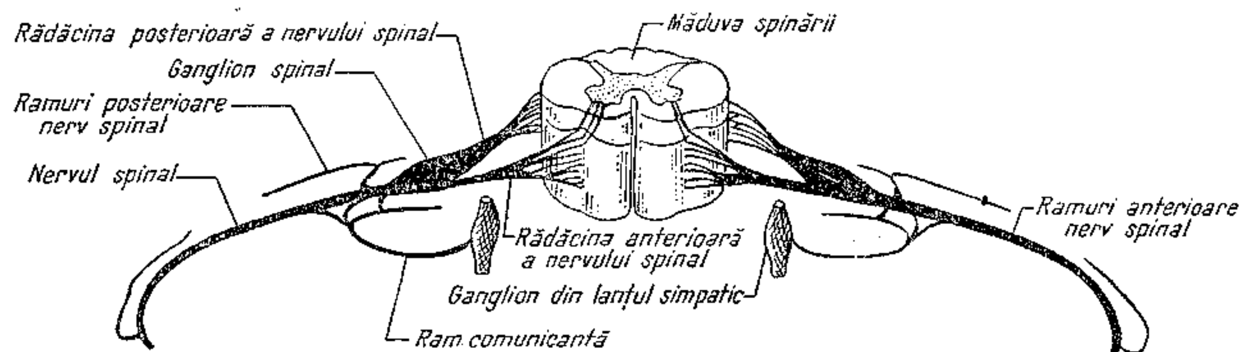


Fig. 56. Nervul spinal.

axon, fără teacă de mielină, constituie fibra postganglionară. Aceasta, fie de-a lungul unui vas ajunge la organul efector (mușchi neted sau glandă), fie reintră prin ramura comunicantă cenușie în nervul spinal și, pe calea acestuia, ajunge la organul efector.

Rădăcina posterioară (dorsală). Pe traiectul rădăcinii dorsale se află ganglionul spinal, la nivelul căruia sînt localizați atît neuronii somatosenzitivi cît și neuronii viscerosenzitivi. Neuronii somatosenzitivi au o dendrită lungă care ajunge la receptorii din piele (exteroceptori) sau la receptorii profunzi somatici din aparatul locomotor (proprioceptori). Axonul neuronilor somatosenzitivi pătrund, pe calea rădăcinii posterioare, în măduvă unde se comportă în mai multe moduri:

I. Se pune direct în legătură cu un neuron somatomotor din cornul anterior, formînd un arc reflex monosinaptic (bineuronal).

II. Intră în legătură cu unul sau mai mulți neuroni de asociație și, prin intermediul acestora, cu neuronul somatomotor din cornul anterior al măduvei, realizînd astfel un arc reflex polisinaptic (multineuronal).

III. Pătrunde în substanța cenușie a măduvei, punîndu-se în legătură cu al doilea neuron al cărui axon formează fasciculele spinocerebeloase și spinotalamice.

IV. Pătrunde în substanța albă a măduvei, în cordonul posterior, unde formează fasciculele spinobulbare Goll și Burdach care urcă prin cordonul posterior al măduvei spre bulb pentru a întîlni la acest nivel al II-lea neuron care-și are sediul în nucleii Goll și Burdach din bulb.

Neuronii viscerosenzitivi au și ei o dendrită lungă care ajunge la receptorii din viscere (visceroreceptori). Axonul lor pătrunde pe calea rădăcinii posterioare în măduvă.

Rădăcinile anterioară și posterioară ale nervului spinal se unesc și formează trunchiul nervului spinal care este mixt, avînd în structura sa:

— fibre somatomotorii, fibre visceromotorii, fibre somatosenzitive, fibre viscerosenzitive.

Trunchiul nervului spinal iese la exteriorul canalului vertebral prin gaura intervertebrală (orificiul de conjugare). După un scurt traiect de la ieșirea sa din canalul vertebral, nervul spinal se desface în ramurile sale: ventrală, dorsală, meningeală și comunicanta albă.

Ramurile ventrale ale nervului spinal au în structura lor fibre motorii și senzitive care se distribuie la mușchii și pielea membrelor și peretelui antero-lateral al trunchiului. Ramurile ventrale sînt mai groase decît cele dorsale și, cu excepția celor din regiunea toracică, se anastomozează și formează plexuri. Plexul cervical este format din ramurile ventrale ale nervilor C_1—C_4.

Ramurile plexului cervical se distribuie gîtului. Una din ramurile lui — nervul frenic — inervează diafragma.

Plexul brahial este format din ramurile ventrale ale nervilor C_{5-8} și primul nerv toracal și inervează centura scapulară și membrul superior.

Ramurile ventrale ale nervilor toracici se numesc nervi intercostali și sînt în număr de 12. Ei inervează musculatura și pielea din pereții toracelui și abdomenului. Plexul lombar este alcătuit din ramurile ventrale ale primilor 4 nervi lombari. Ramurile lui se distribuie la peretele abdominal, la organele genitale externe și la membrele inferioare. Plexul sacral este constituit din ramurile ventrale ale L_5, S_1, S_2, S_3 și este destinat centurii pelvine și membrului inferior.

Plexul rușinos conține fibre din ramura ventrală a nervului S_4. El se distribuie la viscerele pelvine, organele genitale externe și la perineu.

Plexul sacro-coccigian este format din ramurile ventrale ale nervilor S_4—S_5 și ale nervului coccigian.

Ramura dorsală a nervului spinal conține, ca și ramura ventrală, atît fibre motorii cît și fibre senzitive; se

distribuie la pielea spatelui și la mușchii jgheaburilor vertebrale.

Ramura meningeală a nervului spinal conține fibre senzitive și vasomotorii pentru meninge.

Ramura comunicantă: prin cea albă trece fibra preganglionară mielinică cu originea în neuronul visceromotor din cornul lateral al măduvei, iar prin cea cenușie, fibra postganglionară amielinică, fiind axonul neuronului din ganglionul vegetativ simpatic laterovertebral.

IV. FIZIOLOGIA MĂDUVEI SPINĂRII

Generalități

La nivelul măduvei spinării se închid numeroase arcuri reflexe. De asemenea, măduva spinării este străbătută în sens ascendent și descendent de numeroase căi nervoase ce leagă bidirecțional centrii encefalici de restul organismului. Funcția de conducere a măduvei spinării a fost descrisă pe larg la capitolul de anatomie așa că, în capitolul de față, ne vom ocupa numai de activitatea reflexă medulară.

Reflexele spinale sînt de două feluri: somatice și vegetative. Un *reflex somatic* este acela al cărui răspuns se execută de către efectori somatici (musculatura striată voluntară), în timp ce la un *reflex vegetativ*, exteriorizarea răspunsului apare la nivelul unui efector din organele interne sau vasele de sînge (mușchiul striat cardiac, mușchii netezi, glandele secretorii). Atît reflexele somatice cît și cele vegetative pot fi inițiate prin stimularea oricărei suprafețe receptoare, intero, proprio sau exteroceptive. Unele reflexe spinale sînt extrem de simple, arcul lor este format din doi (reflexe monosinaptice) sau trei neuroni (reflexe bisinaptice). Altele sînt mai complexe, la realizarea lor participînd sute sau mii de neuroni (r. polisinaptice). Reflexele simple și unele reflexe polisinaptice se închid în același segment medular cu al căii aferente care-l inițiază (*r. segmentare*). Majoritatea reflexelor polisinaptice antrenează, în reacția de răspuns, neuroni etajați (r. *intersegmentare*).

Proprietățile reflexelor spinale

Studiul experimental al reflexelor spinale evidențiază o serie de particularități.

1. *Facilitarea.* Dacă separăm o rădăcină posterioară în două fascicule A și B, și le excităm separat cu curenți liminari, obținem două răspunsuri motorii, A_1 și B_1, de amplitudine diferită (fig. 57). Excitînd concomitent ambele căi aferente, constatăm că amplitudinea răspunsului motor este mai mare decît suma A_1+B_1. Surplusul se explică prin antrenarea în reacția de răspuns a unui număr suplimentar de neuroni.

La excitarea separată a căilor A sau B, sînt declanșați numai neuronii din centrul ariilor de distribuție a celor două căi (zonele în negru), în timp ce neuronii mai periferici sînt excitați sub prag. La excitarea concomitentă se produce o sumare de stimuli sub prag la nivelul neuronilor ce primesc aferențe de la ambele căi (zona hașurată).

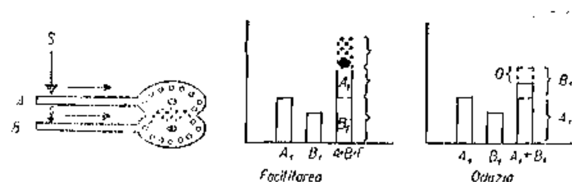


Fig. 57. Facilitarea și ocluzia.

2. *Ocluzia.* Este un fenomen opus facilitării. Dacă repetăm experimentul anterior dar folosim ca excitant un curent maximal, se constată că, suma răspunsurilor individuale este mai mare decît răspunsul obținut prin excitarea concomitentă a căilor A și B. În acest caz, la stimulările individuale, sînt antrenați în răspuns toți neuronii ce primesc aferențe de la fiecare din cele două căi. La stimularea concomitentă, neuronii zonei hașurate nu mai participă de două ori la răspunsul motor.

3. *Postdescărcarea.* La stimularea singulară a unei căi aferente se obține un răspuns motor multiplu. Fenomenul se explică prin existența unor circuite neuronale reverberante care permit reintrarea excitației pe canalul principal spre neuronii efectori (fig. 58).

4. *Iradierea.* Un alt fenomen observat la reflexele spinale este creșterea amplitudinii răspunsului motor, proporțional cu creșterea intensității excitantului. Iradierea se constată la reflexele exteroceptive.

Demonstrarea legilor iradierii reflexelor spinale descoperite de Phflüger.

Reflexele spinale somatice se clasifică în: reflexe simple (segmentare) și r. complexe (intersegmentare).

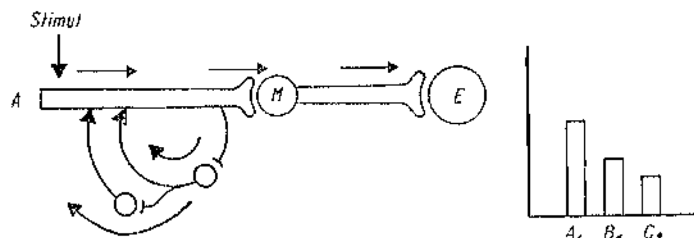


Fig. 58. Circuite reverberante. La un singur stimul se obțin 3 răspunsuri (A, B, C).

Reflexele somatice simple se împart în două grupe:

— reflexe inițiate prin stimularea proprioceptorilor, avînd ca reprezentant *reflexul miotatic;*

— reflexe provocate prin excitarea exteroceptorilor, avînd ca reprezentant *reflexul nociceptiv.*

Reflexul miotatic constă din contracția bruscă a unui mușchi, ca răspuns la întinderea tendonului său. Se demonstrează percutînd cu un ciocan de cauciuc tendonul m. cvadriceps (reflex rotulian) sau tendonul lui Achile (reflex Achilian) sau al altor mușchi. Acesta este cel mai simplu reflex din organism (reflex monosinaptic, bineuronal). Receptorii excitați la întinderea tendonului sînt fusurile neuro-musculare (proprioceptori). Calea aferentă este asigurată de primul neuron senzitiv proprioceptiv din ganglionul spinal și prelungirile sale. Centrul reflex este chiar sinapsa dintre axonul neuronului senzitiv și corpul motoneuronului α din coarnele anterioare, ale cărui axoni formează calea aferentă motoare, ce se termină pe fibrele striate scheletice (efectorul) ale mușchiului întins. Reflexul miotatic este un reflex proprioceptiv, ce participă la menținerea tonusului muscular, a posturii generale a corpului, împotriva forței gravitaționale. Pragul de sensibilitate al fusului neuro-muscular poate fi coborît sau crescut prin creșterea, respectiv scăderea tensiunii contractile din fibrele intrafuzale. Aceste variații sînt comandate de sistemul nervos extrapiramidal și formația reticulată a trunchiului cerebral, prin intermediul motoneuronilor spinali gama. Axonii acestora se termină prin plăci motorii în porțiunea contractilă a fusului neuromuscular unde exercită un control motor permanent. Reflexele miotatice nu prezintă facilitare, ocluzie, iradiere sau post-descărcarea iar fusurile neuro-musculare nu prezintă fenomenul de adaptare.

Reflexul nociceptiv (reflex de flexie) este un reflex de apărare al organismului și constă din retragerea bruscă a unui membru din fața unui agent nociv (corp fierbinte,

înțepătură, curent electric etc.). Acesta este un reflex polisinaptic. Se demonstrează pe animale sau la om, prin excitarea dureroasă a tegumentelor unei extremități și urmărirea reacției motorii de flexie a membrului respectiv. Receptorii sînt terminații nervoase libere (algoceptori) a căror stimulare este transmisă prin prelungirile primului neuron senzitiv spre centrii spinali. Aici, calea aferentă se ramifică: o parte din fibre fac sinapsa cu al doilea neuron senzitiv din coarnele posterioare de unde, prin căile ascendente ale sensibilității exteroceptive dureroase, se proiectează pe scoarța cerebrală generînd senzația de durere.

O altă categorie de fibre se conectează cu neuronii intercalari și cu neuronii motori ipsilaterali și contralaterali ai segmentului medular respectiv, iar o a treia grupă de fibre aferente se conectează cu neuronii de asociație și motoneuronii din alte segmente medulare. Acest proces de divergență largă a căilor aferente ale acestor reflexe stă la baza fenomenului de iradiere al reflexelor exteroceptive.

Reflexe spinale complexe

La nivelul măduvei se pot realiza și acte reflexe mai complicate, ca reflexele de postură și locomoție, reflexul de scărpinat etc. Aceste reflexe pot fi puse în evidență pe animalul spinal. Ele nu au o valoare funcțională deosebită, deoarece la animalul normal, funcțiile de coordonare a mișcărilor și cele de postură au fost preluate de centrii motori din trunchiul cerebral și din encefal.

Reflexe spinale vegetative

Existența centrilor vegetativi spinali asigură închiderea, la nivelul măduvei spinării, a unor reflexe ce coordo-

Principalele reflexe spinale vegetative

Nr. crt.	Denumirea reflexului	Componenta vegetativă eferentă	Localizarea centrilor
1	Reflex pupilo-dilatator	simpatic	măduva dorsală
2	Reflex cardio-accelerator	simpatic	măduva dorsală
3	Reflex vaso-motor	simpatic	măduva dorso-lombară
4	Reflex pilo-motor	simpatic	măduva dorso-lombară
5	Reflex sudoral	simpatic	măduva dorso-lombară
6	Reflex adrenalino-secretor	simpatic	măduva dorso-lombară
7	Reflex micțiune	parasimpatic	măduva sacrată
8	Reflex defecație	parasimpatic	măduva sacrată
9	Reflex erecție	parasimpatic	măduva sacrată
10	Reflex ejaculație	simpatic	măduva lombară

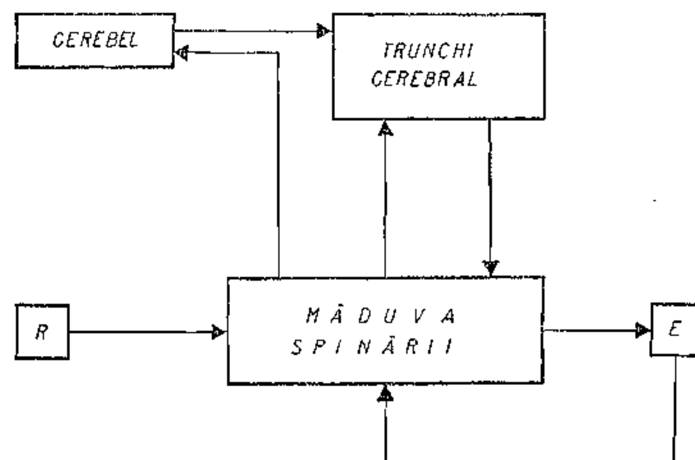


Fig. 59. Controlul superior al reflexelor spinale: R — receptor; E — efector.

nează organele interne, vasele de sînge și glandele. Centrii vegetativi spinali și localizările lor au fost prezentați la capitolul de anatomie, încît aici enumerăm numai cîțiva dintre ei (v. tabelul 1).

Activitatea reflexă vegetativă spinală este controlată de hipotalamus și de ariile vegetative corticale.

Reflexele medulare se află sub controlul etajelor superioare ale SNC — figura 59.

ENCEFALUL
(anatomie)

Encefalul este situat în cutia craniană și în alcătuirea lui intră trunchiul cerebral, cerebelul, diencefalul și cele două emisfere cerebrale, foarte dezvoltate la om unde acoperă aproape în întregime celelalte părți constitutive ale encefalului.

Meningele cerebrale. Ca și măduva, encefalul este acoperit de meninge cerebrale.

Duramater encefalică, spre deosebire de duramater spinală, aderă intim de oasele cutiei craniene. În interiorul craniului trimite prelungiri orizontale și sagitale. Dintre prelungirile orizontale menționăm cortul cerebelului care separă cerebelul de lobul occipital al emisferelor cerebrale și diafragma șeii turcești care acoperă șaua turcească în care este adăpostită hipofiza. Diafragma șeii turcești este perforată de un orificiu prin care trece tija hipofizară.

Dintre prelungirile sagitale reținem coasa creierului, care desparte cele două emisfere cerebrale între ele și coasa cerebelului care separă incomplet cele două emisfere cerebeloase. În grosimea acestor septuri se găsesc sinusurile venoase (vene de tip special) care adună sîngele venos de la creier și-l duc în vena jugulară internă.

Arahnoida este o membrană subțire, avasculară, care trece peste șanțurile cerebrale ca o punte fără a pătrunde între giri și lobi. Între ea și dura mater există un spațiu virtual. Arahnoida este separată de piamater printr-un spațiu numit subarahnoidian plin cu lichid cerebrospinal (LCR). Arahnoida trimite o serie de prelungiri care străbat duramater și pătrund în sinusurile venoase sub formă de vilozități arahnoidiene.

La nivelul bazei creierului, începînd de la limita cu măduva, arahnoida se îndepărtează de piamater și formează spații mai dilatate numite cisterne subarahnoidiene.

Piamater este un înveliș subțire care îmbracă toată suprafața creierului, pătrunzînd în șanțuri și în scizuri. Este o membrană vasculară. Vasele cerebrale sînt plasate pe fața externă a piei mater, deci în plin spațiu subarahnoidian, spre deosebire de pia măduvei unde vasele sînt conținute în grosimea acesteia.

În regiuni ca pereții mediali ai ventriculilor laterali (din interiorul emisferelor cerebrale), tavanul ventriculului III (situat în centrul diencefalului) sau porțiunea inferioară a tavanului ventriculului IV (situat între trunchiul cerebral și cerebel), pia mater fuzionează cu stratul ependimar formînd pînzele coroidiene pe care se atașează plexurile coroidiene ventriculare care secretă LCR.

Circulația LCR. Din ventriculii laterali, LCR trece prin orificiile Monro (în ventriculul III, de aici prin apeductul Sylvius ajunge în ventriculul IV, de unde — fie trece în canalul ependinar de la nivelul măduvei, fie prin orificii de la nivelul părții inferioare a plafonului ventriculului al IV-lea (orificiul median Magendie) trece în spațiul subarahnoidian de unde excesul este resorbit prin vilozitățile arahnoidiene în sinusurile venoase.

Lichidul cerebrospinal este un lichid clar, acelular, cu urme de proteine și glucoză, alcalin (7,5) și cu o densitate de 1 007. Sărurile anorganice sînt aceleași ca și în

plasma sangvină. În 24 h este secretat în cantitatea de 140—300 ml. Are rol protector, menține o presiune constantă în cutia craniană, permite schimburile dintre vase și substanța nervoasă.

V. TRUNCHIUL CEREBRAL

Trunchiul cerebral este format din trei etaje: bulb (măduva prelungită), puntea lui Varolio și pedunculii cerebrali (mezencefal). Bulbul și puntea au o porțiune ventrală (bazilară) în care predomină substanța albă și o porțiune dorsală (tegmentală) în care predomină substanța cenușie. Spre deosebire de aceste prime două etaje, mezencefalul prezintă trei porțiuni: una anterioară, reprezentată de picioarele pedunculilor, prin care trec fibrele fasciculului piramidal, una mijlocie, calota mezencefalului, unde se află nucleul roșu și cea de a treia — lama cvadrigemina (tectum), formată din patru coliculi cvadrigemeni: doi superiori și doi inferiori. Între nucleul roșu și picioarele pedunculilor se află substanța neagră. Nucleul roșu are o formă ovalară și culoare cărămizie. Substanța neagră are o formă semilunară, cu concavitatea spre nucleul roșu și este formată din neuroni care conțin pigment negru de melanină.

Trunchiul cerebral prezintă o față ventrală și una dorsală (fig. 60).

— *Fața ventrală* prezintă trei etaje care, de jos în sus, sînt: bulbar, pontin și peduncular.

— Etajul bulbar are ca limită inferioară decusația piramidală iar limită superioară, șanțul bulbo-pontin, unde își au originea aparentă nervii cranieni VI, VII și VIII. Bulbul prezintă toate elementele descrise la măduvă. Pe linia mediană remarcăm fisura mediană anterioară care se află în continuarea fisurei mediane a măduvei și se termină la nivelul șanțului bulbo-pontin, printr-o mică dilatare numită foramen caecum. Cordoanele anterioare ale măduvei, la nivelul bulbului, devin piramidele bulbare, în profunzimea cărora se află fibrele fasciculului piramidal. Lateral de acestea remarcăm șan-

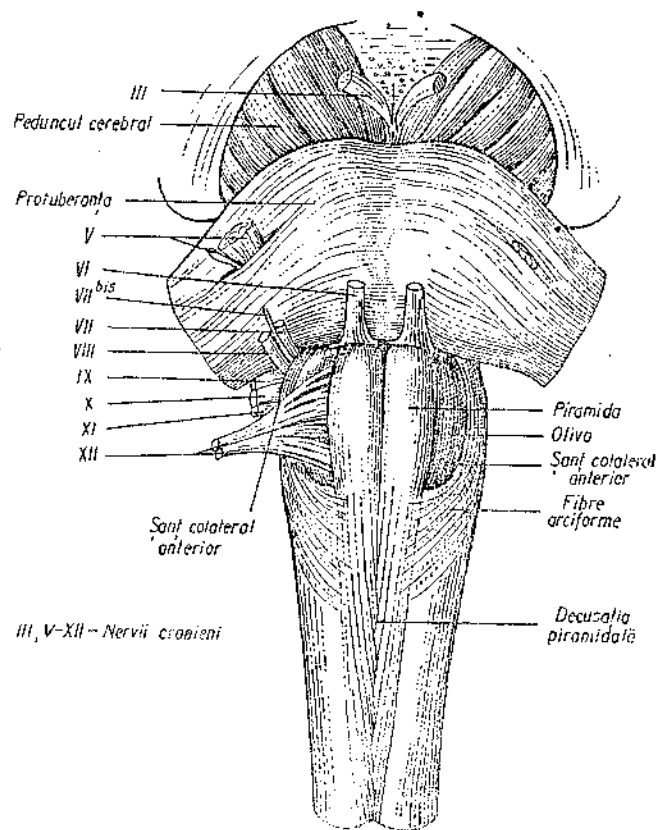


Fig. 60. Trunchiul cerebral.

ţurile antero-laterale, iar în afara acestora, cordoanele laterale, care le continuă pe cele din măduvă şi în partea lor superioară prezintă o proeminenţă ovoidă numită oliva bulbară. În şanţul dinapoia olivei se văd originile aparente ale nervilor IX, X şi XI iar în şanţul situat anterior de olivă, originea aparentă a nervului XII.

Etajul pontin este limitat inferior de şanţul bulbopontin, iar superior de şanţul ponto-mezencefalic. Se prezintă sub forma unei benzi de substanţă albă, formată din fascicule de fibre transversale pe extremitatea superioară a bulbului.

Pe linia mediană remarcăm şanţul arterei bazilare (artera care contribuie la vascularizaţia encefalului, alături de artera carotidă internă). De o parte şi de alta se văd piramidele pontine, în profunzimea cărora trec fibrele fasciculului piramidal. Lateral de piramidele pontine, se află originea aparentă a nervului V, în afara căruia sînt pedunculii cerebeloşi mijlocii care fac legătura între punte şi cerebel.

Etajul peduncular este limitat inferior de şanţul pontomezencefalic, iar superior de chiasma optică, care lateral se continuă cu tracturile optice. Remarcăm la acest nivel picioarele pedunculilor cerebrali care sînt două cordoane de substanţă albă divergentă cranial. În profunzimea lor trec fibrele fasciculului piramidal. În spaţiul dintre picioarele pedunculilor se găseşte glanda hipofiză (neurohipofiza), suspendată de tuber cinereum prin intermediul infundibulului. Sub aceste formaţiuni se află cei doi corpi mamilari sub care se remarcă originea aparentă a nervilor III.

— *Faţa dorsală* se poate vedea numai după îndepărtarea cerebelului. Limitele dintre bulb, punte şi mezencefal sînt mai puţin evidente (fig. 61).

La acest nivel, de jos în sus, distingem: etajul bulbar, etajul fosei romboide şi etajul peduncular cu cei patru coliculi (doi superiori şi doi inferiori) care formează lama cvadrigemina.

Etajul bulbar. În partea sa inferioară este asemănător măduvei iar în partea superioară se află trigonul bulbar al fosei romboide. În partea inferioară etajul bulbar prezintă, pe linia mediană, şanţul median dorsal care continuă şanţul omonim de la nivelul măduvei. Lateral de acest şanţ remarcăm fasciculul gracilis iar în afara lui, fasciculul cuneat. *Etajul fosei romboide*. Fosa romboidă, aşa cum arată şi numele, are forma unui romb şi repre-

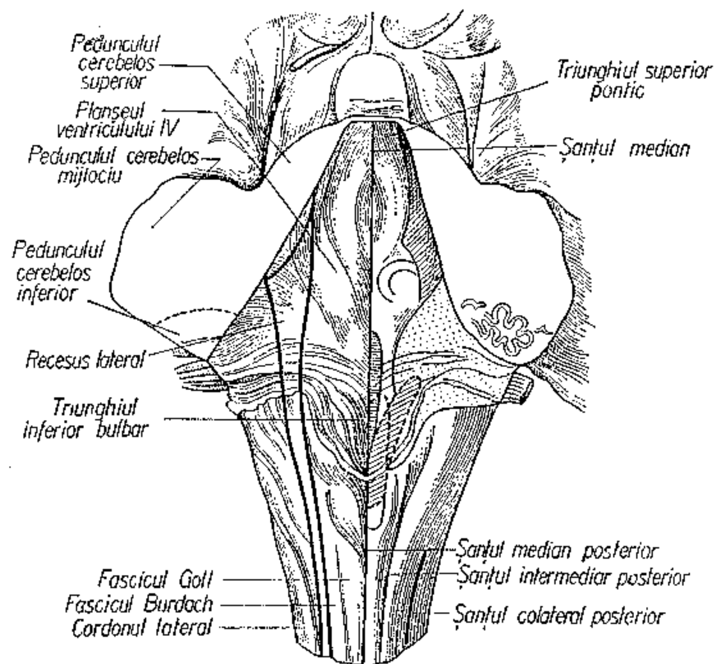


Fig. 61. Planşeul ventriculului al IV-lea.

zintă podișul ventriculului IV. Un șanț transvers care reprezintă axul mic al rombului împarte fosa romboidă în trigon bulbar, inferior de acest șanț și cu vîrful în jos și în trigon pontin, deasupra șanțului transvers și cu vîrful în sus. În vîrful trigonului bulbar se află o lamă de substanță cenușie (obex) în timp ce la vîrful trigonului pontin se află apeductul lui Sylvius, un canal prin care ventriculul IV comunică cu ventriculul III. În unghiurile laterale ale fosei romboide se află tuberculul acustic, în profunzimea căruia se găsesc nucleii acustici (cohleari).

Etajul peduncular. La acest nivel remarcăm prezența celor patru coliculi care formează lama cvadrigemina (tectum). Între cei doi coliculi superiori se află glanda epifiză. Coliculii superiori sînt legați de corpii geniculați externi: în timp ce coliculii inferiori, de corpii geniculați interni. Aceste legături se realizează prin brațul coliculului superior și respectiv inferior.

Notăm în plus că, la nivelul tectumului, își are originea aparentă nervul IV.

Structura trunchiului cerebral. La exteriorul trunchiului cerebral se află substanța albă (exceptînd numai fața dorsală a mezencefalului, unde se află substanța cenușie formată din cei patru coliculi cvadrigemeni). Substanța cenușie este localizată central. Datorită încrucișării fibrelor descendente (motorii) și celor ascendente (senzitive) care fragmentează coloanele longitudinale de substanță cenușie, aceasta apare ca fiind formată din nuclei. Substanța cenușie a trunchiului cerebral este formată din nuclei proprii și din nuclei echivalenți coarnelor din măduvă (vezi tabelul).

Trunchiul cerebral este străbătut de căi ascendente ale sensibilității și căi descendente ale motricității.

Căile ascendente sînt:

— fasciculul spinotalamic lateral } ambele urcă
— fasciculul spinotalamic anterior } spre talamus.

— fasciculul spinocerebral ventral (încrucișat) care străbate toate etajele trunchiului cerebral;

— fasciculul spinocerebelos dorsal (direct) care străbate bulbul;

— lemniscul medial, care se formează de la nucleii Goll și Burdach din bulb și ajunge la talamus;

— lemniscul lateral, care pleacă de la nucleii cohleari și ajunge la corpii geniculați interni (metatalamus);

— lemniscul trigeminal, care se formează din nucleul tractului spinal al trigemenului și nucleul pontin al trigemenului. Lemniscul trigeminal ajunge la talamus de unde se proiectează în aria somestezică (3, 1, 2).

Căile descendente sînt piramidale și extrapiramidale. *Căile piramidale,* ajunse în partea inferioară a bulbului, se comportă diferit.

În traiectul lui prin trunchiul cerebral, din fibrele fasciculului piramidal se desprind fibre corticonucleare care ajung la nucleii motori ai nervilor cranieni.

Căile extrapiramidale, în funcție de originea lor, străbat toate etajele trunchiului cerebral (fasciculul rubrospinal, nigrospinal, tectospinal) sau numai bulbul (fasciculul olivospinal, vestibulospinal).

În afara căilor ascendente și descendente, în trunchiul cerebral există și fascicule de asociație, care leagă între ei nuclei ai trunchiului cerebral, sau leagă nucleii de formațiuni supra- sau subiacente. Fasciculele de asociație sînt:

— fasciculul longitudinal medial, care are în constituția lui mai multe tipuri de fibre, dintre care menționăm fibrele vestibulo-nucleare care fac legătura între nucleii vestibulari din bulb și nucleii nervilor III, IV, VI;

— fasciculul central al calotei care aduce la oliva

bulbară fibre de la talamus, nucleul roșu și de la corpii striați (talamo-olivare, rubro-olivare, strio-olivare);

— fasciculul dorsal care face legătura între hipotalamus și nucleii vegetativi din trunchiul cerebral.

Nucleii din bulb

I. Nc. echivalenți cornului anterior al măduvei (Nc. motori sau de origine)	1. Nc. ambiguu, de la care pleacă fibrele motorii ale n. IX (glosofaringian), X (vag.), XI (accesor) 2. Nc. motor al hipoglosului, de la care pleacă fibrele motorii ale hipoglosului
II. Nc. echivalenți ai cornului posterior al măduvei (Nc. senzitivi sau terminali)	1. Nc. tractspinal al trigemenului (V) în care se termină o parte din fibrele senzitive ale trigemenului 2. Nc. vestibulari (superior, inferior, lateral și medial) în care se termină ramura vestibulară a perechii a VIII-a (n. statoacustic)
III. Nc. vegetativi parasimpatici, echivalenți cornului lateral al măduvei	1. Nucleul salivator inferior 2. Nucleul dorsal al vagului (cardiopneumoenteric)
IV. Nc. proprii	1. Oliva bulbară 2. Nc. formației reticulate 3. Nc. Goll și Burdach

Nucleii din punte

I. Nc. echivalenți cornului anterior al măduvei (Nc. motori sau de origine)	1. Nc. motor al trigemenului (V), în care au originea fibrele motorii ale n. trigemen. 2. Nc. motor al abducensului (VI) în care au originea fibrele motorii ale nervului VI 3. Nc. motor al facialului (VII) în care au originea fibrelor motorii ale facialului
II. Nc. echivalenți cornului posterior al măduvei (Nc. senzitivi sau terminali)	1. Nc. pontin al trigemenului în care se termină cealaltă parte din fibrele senzitive ale trigemenului (V) 2. Nc. cohleari (ventral și dorsal) în care se termină ramura cohleară a perechii a VIII-a (n-statoacustic)
III. Nc. vegetativi parasimpatici, echivalenți cornului lateral al măduvei	1. Nc. salivator superior 2. Nc. lacrimal
IV. Nc. proprii	1. Nc. pontini în care se termină fibrele corticopontine și de la care pleacă fibrele pontocerebeloase 2. Nc. formației reticulate

Nucleii din pedunculii cerebrali

I. Nc. echivalenţi cornului anterior (Nc. motori sau de origine)	1. Nc. motor al nervului oculomotor (III) în care au originea fibrele motorii ale nervului III
II. Nc. echivalenţi cornului posterior (Nc. senzitivi sau terminali)	1. Nc. mezencefalic al n. trigemen în care se termină fibrele proprioceptive ale n. trigemen
III. Nc. vegetativi parasimpatici, echivalenţi cornului lateral al măduvei	1. Nc. autonom al nervului oculomotor (III)
IV. Nc. proprii	1. Nc. roşu care se află în calotă. 2. Substanţa neagră se află la limita dintre calotă şi cei doi pedunculi. 3. Nc. formaţiei reticulate

Nervii cranieni

Fac parte din sistemul nervos periferic şi sînt în număr de 12 perechi (fig. 62). Se deosebesc de nervii spinali prin faptul că nu au o dispoziţie matematică şi prin faptul că nu au două rădăcini (dorsală şi ventrala) cum au nervii spinali.

În general nervii cranieni se distribuie extremităţii cefalice şi regiunii cervicale, excepţie făcînd nervul vag care străbate gîtul, toracele, diafragma şi sfîrşeşte în abdomen.

Clasificarea nervilor (vezi tabel).

— Nervii I, II şi VIII sînt senzoriali, conducînd excitaţii olfactive (I), optice (II) şi statoacustice (VIII).

— Nervii III, IV, VI, XI, XII sînt pur motori.

— Nervii V, VII, IX, X sînt nervi micşti.

— Notăm în plus că nervii III, VII, IX, X au în structura lor şi fibre parasimpatice preganglionare, cu originea în nucleii vegetativi (parasimpatici) ai trunchiului cerebral.

Nervii cranieni

Numele	Funcţia	Originea reală	Originea aparentă	Traiect	Distribuţie
1	2	3	4	5	6
I. Nervii olfactivi (10—20)	Sînt nervi senzoriali cu funcţia de a transporta excitaţii olfactive	Sînt formaţi din înmănunchierea mai multor axoni ai celulelor senzitive bipolare din segmentul supero-posterior al mucoasei olfactive	—	Străbat orificiile lamei ciuruite a etmoidului şi fac sinapse cu dendritele celulelor mitrale din bulbul olfactiv.	—

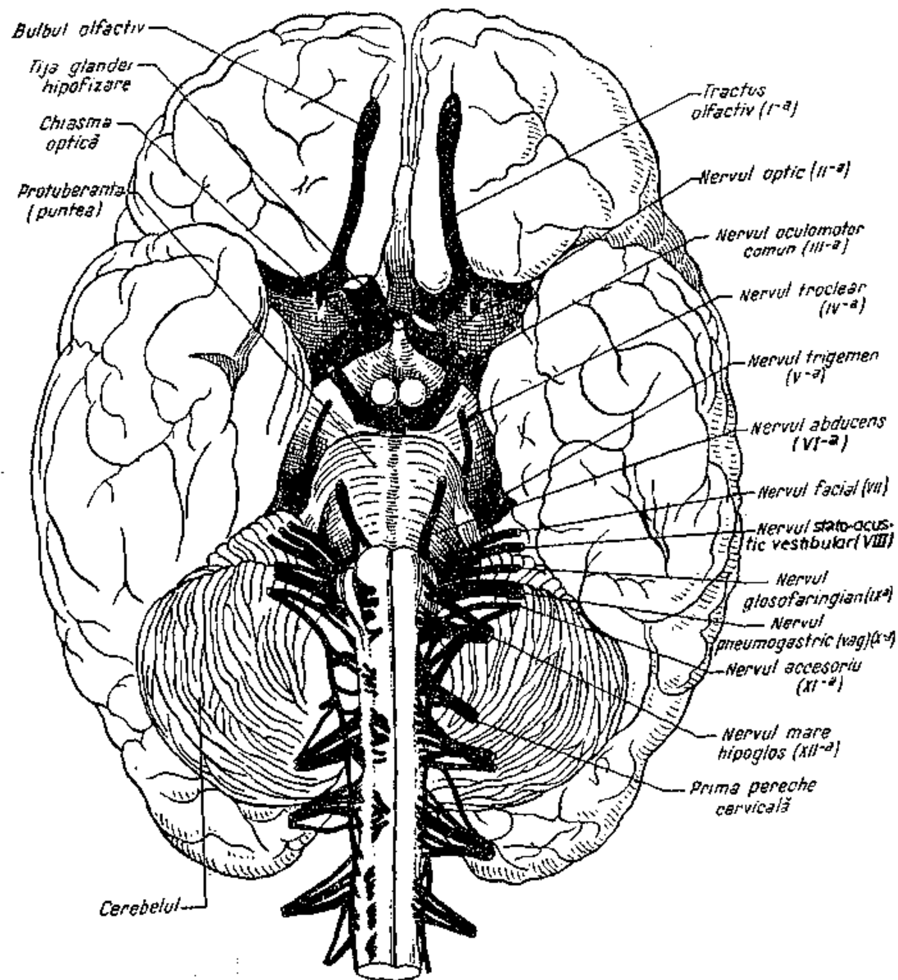


Fig. 62. Nervii cranieni.

1	2	3	4	5	6
II. Nervul optic	Este un nerv senzorial	Este format din axonii celulelor multipolare din stratul 8 al retinei care converg spre papila optică unde traversează coroida și sclerotica pentru a forma nervul optic	—	Nervul optic părăsește orbita prin gaura optică și pătrunde în craniu, îndreptîndu-se spre corpii geniculați laterali.	—
III. Nervul oculomotor	Nerv motor, are în constituția lui și fibre parasimpatice	— fibrele motorii își au originea în nucleul motor al nervului oculo-motor, situat în mezencefal; — fibrele parasimpatice preganglionare își au originea în nucleul autonom al nervului III din mezencefal.	În spațiul interpeduncular delimitat între picioarele pedunculilor cerebrali	De la originea sa aparentă se îndreaptă spre înainte pătrunzînd în orbită prin fisura orbitară superioară.	— Fibrele motorii se distribuie la mușchii: drept inferior, intern, superior și oblic inferior. — Fibrele parasimpatice preganglionare plecate din nucleul autonom al nervului III, străbat nervul oculomotor pe care apoi îl părăsesc îndreptîndu-se spre un ganglion vegetativ (ganglionul ciliar) unde fac sinapsa cu fibrele postganglionare, care ajung la mușchiul sfincter al pupilei (mioză) și la mușchiul ciliar.
IV. Nervul trohlear	Este un nerv motor	Se află în nucleul motor al nervului trohlear, situat în mezencefal, ime-	Are originea aparentă pe fața posterioară a trunchiului cerebral;	De la originea sa aparentă, pe fața posterioară a trunchiului cere-	Inervează mușchiul oblic superior

1	2	3	4	5	6
		diat sub nucleul nervului oculomotor	este singurul nerv care se încrucișează la originea sa aparentă	bral ocolește picioarele pedunculilor cerebrali trecînd lateral de ele și apoi se îndreaptă spre orbită, în care pătrunde prin fisura orbitară superioară.	
V. Nervul trigemen	Este un nerv mixt, avînd fibre motorii și senzitive	— Fibrele senzitive își au originea în ganglionul trigeminal (Gasser), situat pe traiectul nervului. Axonii neuronilor din ganglionul trigeminal se termină în nucleii senzitivi ai trigemenului din trunchiul cerebral. — Fibrele motorii au originea în nucleul motor al nervului V din punte	Pe fața anterioară a punții, lateral de piramidele palatine	De la originea sa aparentă, nervul se îndreaptă spre înainte și, anterior de ganglionul trigeminal, se împarte în 3 ramuri: — nervul oftalmic pătrunde în orbită prin fisura orbitară superioară; — nervul maxilar iese din craniu prin gaura rotundă; — nervul mandibular iese din craniu prin gaura ovală.	— fibrele senzitive inervează pielea frunții, feței, conjunctiva oculară, mucoasa nazală, bucală și dinții. — fibrele motorii inervează mușchii masticatori.
VI. Nervul abducens	Este un nerv motor	În nucleul motor al nervului abducens din punte	În șanțul bulbopontin	De la originea sa aparentă se îndreaptă spre înainte pătrunzînd în orbită prin fisura orbitară superioară	Inervează mușchiul drept extern
VII. Nervul facial	Este un nerv mixt care are în struc-	— fibrele motorii își au originea	În șanțul bulbopontin	De la originea sa aparentă, nervul	— fibrele motorii inervează mușchii mimicii;

1	2	3	4	5	6
	tura sa și fibre parasimpatice	reală în nucleul motor din punte; — fibrele senzitive își au originea în ganglionul geniculat de pe traiectul nervului facial; — fibrele parasimpatice preganglionare își au originea în nucleul lacrimal și nucleul salivator superior, ambii situați în punte. Fibrele provenite din nucleul lacrimal fac sinapsa cu fibrele postganglionare în ganglionul pterigo-palatin iar cele din nucleul salivator superior, în ganglionul submandibular.		se îndreaptă spre stînca temporalului, străbătînd canalul nervului facial, situat în stîncă. Părăsește canalul facialului și sfîrșește prin ramurile sale terminale în glanda parotidă.	— fibrele senzitive culeg excitațiile gustative de la nivelul corpului limbii; — fibrele parasimpatice se distribuie la glanda lacrimală și la glandele submandibulară și sublinguală.
VIII. Nervul stato-acustic (vestibulo-cohlear)	Este un nerv senzorial	Are originea reală în ganglionul spiral Corti pentru ramura cohleară și în ganglionul vestibular Scarpa, pentru ramura vestibulară. Cele două ramuri se alătură formînd nervul respectiv.	Nervul stato-acustic pătrunde în trunchiul cerebral la nivelul șanțului bulbo-pontin.	—	Ramura cohleară se îndreaptă spre nucleii cohleari din punte (anterior și posterior), iar ramura vestibulară, spre nucleii vestibulului din bulb (superior, inferior, medial și lateral).

1	2	3	4	5	6
IX. Nervul glosofaringian	Este un nerv mixt care are în structura sa și fibre parasimpatice	— fibrele motorii își au originea în nucleul ambiguu din bulb; — fibrele senzitive își au originea în ganglionul superior și inferior de pe traiectul nervului; — fibrele parasimpatice își au originea în nucleul salivator inferior din bulb.	Se află la nivelul șanțului retro-olivar	De la originea sa aparentă, nervul se îndreaptă spre gaura jugulară ieșind din craniu după care se termină la limbă și faringe.	— fibrele motorii inervează mușchii faringelui, cu excepția constrictorului inferior; — fibrele senzitive inervează mucoasa linguală de la rădăcina limbii, (de unde culege și excitațiile gustative), și mucoasa faringelui. — fibrele parasimpatice se distribuie la glanda parotidă.
X. Nervul vag (pneumogastric)	Este un nerv mixt care are și fibre parasimpatice.	— fibrele motorii își are originea în nucleul ambiguu; — fibrele senzitive își au originea în ganglionul superior și inferior de pe traiectul nervului; — fibrele parasimpatice provin din nucleul dorsal al vagului.	Se află la nivelul șanțului retro-olinar	De la originea sa aparentă nervul se îndreaptă spre gaura jugulară, părăsind craniul, străbate gîtul, toracele, diafragma și sfîrșește în abdomen.	— fibrele motorii inervează musculatura laringelui și mușchiul constrictor inferior al faringelui; — fibrele senzitive inervează mucoasa valeculelor și a laringelui. — fibrele parasimpatice se distribuie la organele din torace și abdomen. În torace se distribuie cordului, traheei, bronhiilor, plămînului și esofagului. În abdomen se distribuie stomacului, intestinului subțire, cecului, colonului ascendent și trans-

1	2	3	4	5	6
					vers. Colonul descendent, sigmoid, rectul, aparatul excretor și organele genitale primesc fibre parasimpatice din măduva sacrată.
XI. Nervul accesor	Este un nerv motor	Rădăcina bulbară își are originea reală în nucleul ambiguu. Rădăcina spinală își are originea reală în cornul anterior al măduvei cervicale.	Rădăcina bulbară își are originea aparentă în șanțul retro-olivar	Nervul accesor părăsește craniul prin gaura jugulară și se împarte în două ramuri: — ramura externă; — ramura internă.	— ramura internă conține fibre provenite prin rădăcina bulbară. Pătrunde în nervul vag, participînd la inervația mușchilor laringelui; — ramura externă conține fibrele rădăcinii spinale ale nervului accesor și se distribuie la mușchii sternocleidomastoidian și trapez.
XII. Nervul hipoglos	Este un nerv motor	Fibrele motorii provin din nucleul motor al nervului XII.	În șanțul preolivar	Părăsește craniul prin canalul nervului hipoglos și se îndreaptă spre limbă.	Inervează mușchii limbii.

VI. FIZIOLOGIA TRUNCHIULUI CEREBRAL

Trunchiul cerebral (T.C.) este primul component al encefalului. Funcțiile sale sînt numeroase și de importanță vitală.

a. Prin T.C. trec toate căile ce leagă măduva de etajele superioare ale SNC, precum și căi proprii ce leagă diferitele sale etaje.

b. La nivelul trunchiului se află nuclei de releu ai căilor ascendente și descendente, precum și nuclei de releu cu cerebelul.

c. În trunchiul cerebral se închid o serie de reflexe.

d. La nivelul trunchiului cerebral se află formațiunea reticulată, cu rol în reglarea tonusului muscular, al celui cortical și în controlul reflexelor spinale, al echilibrului și posturii.

e. Trunchiul cerebral conține centri de reglare ai unor funcții vitale, ca activitatea cardiovasculară, respiratorie și digestivă.

Reflexele trunchiului cerebral. La fiecare din cele trei etaje ale sale, se află centri unor reflexe somatice, vegetative și mixte. *În bulb* se închide reflexul de deglutiție, un reflex mixt la care participă nucleii senzitivi și motori ai nervilor cranieni IX, X și XII. Tot aici se află centri reflexelor salivare excitosecretorii pentru glanda parotidă (nucleul salivator inferior), centri gastrosecretori, pancreaticosecretori și biliosecretori (nucleul dorsal al vagului). Tot prin nucleul dorsal al n. vag se stimulează partea finală a deglutiției, activitatea motorie a stomacului, intestinului subțire și a primei jumătăți a intestinului gros, precum și motricitatea căilor biliare extrahepatice care asigură excreția biliară. Bulbul este sediul reflexelor cardioinhibitorii (al căror efector este tot nervul vag), precum și al unor reflexe vasomotorii (constrictorii și dilatatorii).

Principalele reflexe respiratorii se închid la nivelul bulbului. Aici se află centri respiratori primari. Simpla înțepătură practicată la acest nivel poate produce moartea subită prin oprirea bruscă a activității cardiace și respiratorii. Datorită prezenței nucleilor vestibulari, bulbul ia parte, împreună cu alte etaje ale trunchiului cerebral, la reflexele de redresare, postură și echilibru.

Puntea lui Varolio este, ca și bulbul, sediul unor importante activități reflexe, ca: reflexul lacrimal (nucleul lacrimal), reflexe secretorii ale glandelor submandibulară și sublinguală (nucleul salivator superior), reflexe respiratorii (centrul pneumotaxic ce inhibă inspirația și centrul apneustic ce o stimulează). Puntea realizează o serie de reflexe somatice ca reflexul de clipit și de masticație.

La nivelul mezencefalului se închid reflexe vegetative coordonate de nucleul vegetativ al oculomotorului; reflexul pupilar fotomotor ce constă din închiderea pupilei (mioză), ca urmare a stimulării luminoase a retinei; reflexele de acomodare la vederea de aproape și la distanță. La nivelul coliculilor cvadrigemeni inferiori se închid reflexe somatice complexe de întoarcere a capului și ochilor spre sursa sonoră (reflexe auditivo-oculo-cefalogire) iar în coliculii cvadrigemeni superiori se află centri reflexului somato-vegetativ pupilar de acomodare la distanță. Prin intermediul centrilor motori extrapiramidali (n. roșu, substanța neagră) și a formației reticulate, T.C. îndeplinește funcții motorii foarte importante.

Funcțiile motorii ale trunchiului cerebral

Activitatea motorie a T.C. este automată. Centri săi motori îndeplinesc două funcții: menținerea posturii și echilibrului; coordonarea mișcărilor voluntare.

1. *Menținerea posturii* caracteristice fiecărei specii se face în mod automat prin două categorii de reflexe somatice. Aceste reflexe se studiază pe animale decerebrate (axul cerebrospinal secționat între coliculii cvadrigemeni superiori și inferiori).

a. *reflexele tonice*. T.C. asigură repartiția tonusului la diferite grupe musculare, în funcție de poziția capului, a corpului sau de mișcările efectuate. Exemplu, la o pisică ce privește în sus, crește tonusul mușchilor extensori ai membrelor anterioare și scade cel al extensorilor membrelor posterioare. Reacții opuse apar cînd pisica privește în jos. Comenzile tonice sînt elaborate în T.C. pe baza aferențelor vestibulare, proprioceptive și în mai mică

măsură a celor tactile şi vizuale. Aceste comenzi sînt conduse descendent pe căile extrapiramidale spre motoneuronii gamma şi alfa din coarnele anterioare. Stimularea acestor motoneuroni creşte tonusul muscular iar inhibiţia lor reduce tonusul.

b. *reflexele de redresare*. Dacă un animal decerebrat este aşezat într-o poziţie nefirească, el execută o serie de mişcări coordonate, reluîndu-şi postura naturală.

Reflexele de postură descrise mai sus au loc în condiţii statice. Dacă animalul execută mişcări (condiţii Kinetice) care modifică postura normală, au loc reflexe motorii ce asigură păstrarea acesteia. Exemplu este *reflexul de aterizare*, observat bine la pisici care, din orice poziţie, cad în picioare.

Menţinerea echilibrului corpului se datorește acţiunii aceloraşi centri motori din trunchiul cerebral, responsabili de reglarea tonusului şi a posturii. Mecanismele de menţinere a echilibrului se declanşează ori de cîte ori centrul de greutate al corpului tinde să se proiecteze în afara poligonului de susţinere. Schimbarea poziţiei capului, corpului sau membrelor, stimulează fie receptorii labirintici, fie receptorii kinestezici din capsulele articulare, informînd centrii posturii asupra noilor raporturi spaţiale ale organismului. Pe baza acestor informaţii, se elaborează comenzi motorii ce determină grade variate de contracţie sau relaxare a muşchilor extensori şi flexori în diferite părţi ale corpului.

(Spre exemplu, dacă există tendinţa de a cădea într-o parte, are loc reflex o creştere a tonusului muşchilor extensori ai membrelor de aceeaşi parte şi o reducere corespunzătoare a tonusului extensorilor membrelor de partea opusă. Tot aşa se petrec reacţiile motorii în cazul dezechilibrării spre faţă sau spate. Postura se menţine mai ales pe baza aferenţelor de la proprioceptorii musculari, iar echilibrul, pe baza celor labirintice. Centrii de integrare şi efectorii sînt aceiaşi.

Centrii echilibrului sînt grupaţi în două teritorii (fig. 63):

Centri subcorticali, reprezentaţi de nucleii vestibulari şi nucleii formaţiei reticulate mezencefalice ce integrează informaţiile senzitive primite direct de la receptori şi indirect prin cerebel (lobul floculo-nodular). Aceşti centri menţin echilibrul şi postura prin reacţii motorii inconştiente.

Centri corticali, localizaţi în lobul parietal în profunzimea şanţului lui Sylvius. La nivelul lor se elaborează senzaţia conştientă de echilibru şi postură.

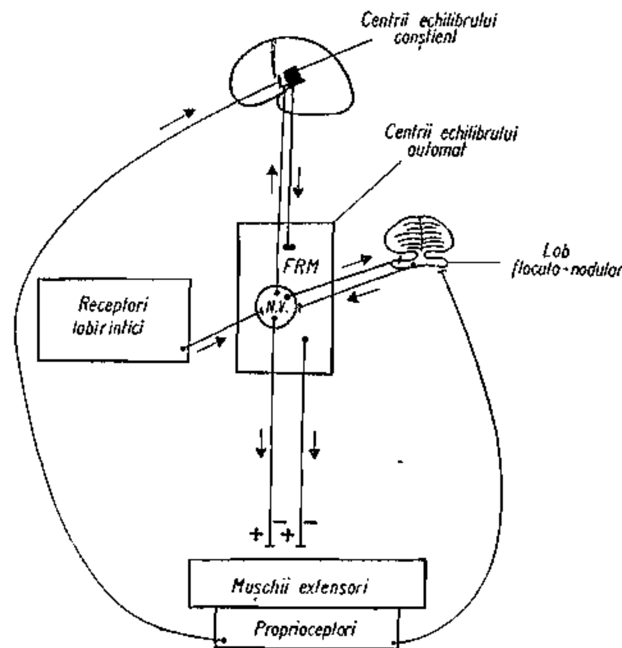


Fig. 63. Reglarea echilibrului şi posturii.

2. Trunchiul cerebral participă și la *coordonarea mișcărilor voluntare*. Orice mișcare voluntară necesită o anumită postură și o anumită repartiție a tonusului la diferite grupe de mușchi în activitate. Acestea se realizează pe baza conexiunilor aferente și eferente ale nucleilor motorii extrapiramidali din T.C. cu cerebelul, cu talamusul și cu corpii striați.

Rolul formației reticulate a trunchiului cerebral

Formația reticulată (F.R.) participă atît la elaborarea unor reacții motorii complexe cît și la reglarea reflexelor spinale și a activității scoarței cerebrale. F.R. primește numeroase aferențe de la colateralele tuturor căilor de conducere ale analizatorilor și trimite două categorii de eferențe: ascendente și descendente.

— *Eferențele ascendente* formează sistemul reticulat activator ascendent (S.R.A.A.). Căile acestuia se proiectează bilateral, difuz pe scoarța cerebrală, al cărei tonus funcțional îl crește, făcînd-o mai aptă pentru a primi informațiile pe căile specifice. S.R.A.A. are rol în reacția de trezire corticală, în procesul de învățare, în edificarea stării de conștiență și în reglarea echilibrului somn-veghe.

Între scoarță și F.R. se stabilește un circuit funcțional cortico-reticulo-cortical care permite scoarței să-și autoregleze nivelul funcțional.

— *Eferențele descendente* formează un *sistem reticulat descendent facilitator* (care intensifică tonusul muscular și activitatea reflexă spinală) și un sistem reticulat descendent inhibitor, cu efect hipotonizant și de reducere a reflectivității spinale.

VII. CEREBELUL (ANATOMIE)

Cerebelul ocupă fosa posterioară a craniului, fiind separat de restul cavității craniene prin cortul cerebelului — o dependență a durei mater cerebrale. Este situat înapoia bulbului și a punții cu care delimitează cavitatea ventriculului IV. Are forma unui fluture, prezentînd o porțiune mediană — vermisul — și două porți laterale, voluminoase numite emisfere cerebeloase.

Emisferele prezintă o față superioară acoperită de cortul cerebelului și o față inferioară în centrul căreia se află o depresiune numită valecula, în care se afla partea inferioară a vermisului. Cerebelul este situat în derivație pe toate căile senzitive și motorii și este în consecință informat asupra tuturor stimulilor proveniți din mediul extern sau intern.

Prin procesele de integrare a informațiilor primite el poate exercita o acțiune coordonatoare asupra activității musculare inițiate de cortexul cerebral motor. Așa se explică de ce leziunile cerebeloase dau tulburări de coordonare.

Cerebelul este legat de bulb, punte și mezencefal prin pedunculii cerebeloși inferiori, mijlocii și superiori. Acești pedunculi conțin fibre aferente și eferente (de proiecție).

Suprafața cerebelului este brăzdată de șanțuri paralele cu diferite adîncimi. Unele sînt numeroase și superficiale delimitînd lamelele (foliile) cerebeloase, altele mai adînci dar mai rare delimitează lobulii cerebelului și, în fine, altele cele mai adînci delimitează lobii cerebelului, cum ar fi fisura primară și fisura posterolaterală.

După localizările funcționale și ordinea de apariție în timp distingem 3 lobi.

1. *Lobul floculonodular*, arhicerebelul, situat sub fisura posterolaterală, este considerat de unii autori ca lob posterior și reprezintă centrul echilibrului. Primește aferențe de la nucleii vestibulari.

2. *Lobul anterior*, paleocerebral, situat anterior de fisura primară este centrul tonusului muscular. Primeşte aferente de la măduvă.

3. *Lobul mijlociu*, neocerebelul, situat între fisura primară şi posterolaterală, este centrul de control automat al mobilităţii voluntare şi semivoluntare, participînd şi la reglarea mişcărilor fine. Primeşte aferente de la lama cvadrigemină, punte şi oliva bulbară.

Structura cerebelului

La exterior se află un strat de substanţă cenuşie care formează scoarţa cerebelului. Scoarţa cerebeloasă înconjoară substanţa albă centrală care trimite prelungiri în folii dînd, în ansamblu, aspectul unei coroane de arbore, de unde şi numele de arborele vieţii. În interiorul substanţei albe se găsesc mase de substanţă cenuşie care formează nucleii profunzi ai cerebelului. În vermis se află nucleii fastigiali (stîng şi drept) iar în emisferele cerebeloase, în sens mediolateral, se află nucleul globos, nucleul emboliform şi nucleul dinţat.

Nucleii fastigiali sînt cei mai vechi filogenetic (aparţin arhicerebelului), în timp ce nucleii dinţaţi sînt cei mai nou filogenetic (aparţin neocerebelului). Scoarţa cerebeloasă este formată din 3 straturi de celule care, de la suprafaţă spre profunzime, sînt:

1. *Stratul superficial-molecular*. Este situat sub meninge, fiind sărac în celule şi bogat în fibre. Neuronii sînt reprezentaţi prin celulele stelate, ai căror axoni formează în jurul corpurilor celulelor Purkinje, o reţea cu aspect de coşuleţ. Prin dendritele lor, celulele stelate stabilesc contacte sinaptice cu axonul celulelor granulare.

2. *Stratul intermediar*. Conţine corpurile celulelor Purkinje, cu aspect piriform, dispuse pe un singur rînd. Prelungirile lor dendritice, abundent ramificate, pătrund în stratul molecular unde vor stabili sinapse cu axonii celulelor granulare. Axonii celulelor Purkinje părăsesc scoarţa cerebelului, străbat substanţa albă şi intră în contact cu nucleii cerebelului.

3. *Stratul profund (granular)*. Este format din neuroni granulari de talie mică, dar foarte numeroşi. Dendritele lor, scurte, rămîn în stratul granular, iar axonul, lung, ajunge în stratul superficial, unde se împarte în „T", fiecare ramură a „T"-ului punîndu-se în legătură cu dendritele celulelor Purkinje şi ale celulelor stelate.

La nivelul scoarţei cerebeloase sosesc două tipuri de fibre:

— fibre musciforme, care se termină la nivelul dendritelor celulare granulare, constituind glomerulii cerebeloşi (neuropilul);

— fibre agăţătoare, care se termină pe dendritele celulelor Purkinje.

Cerebelul stabileşte legături cu celelalte etaje ale sistemului nervos central prin aferenţe şi eferente, care trec prin cele trei perechi de pedunculi cerebeloşi.

Aferenţele cerebelului

Prin pedunculul cerebelos inferior care leagă cerebelul de bulb sosesc:

1. fibrele fasciculului spino-cerebelos dorsal direct şi o parte din fibrele fasciculului spino-cerebelos ventral-încrucişat. Cealaltă parte din fibrele fasciculului spino-cerebelos ventral ajung la cerebel prin vălul medular superior, situat între cei doi pedunculi cerebeloşi superiori;

2. fibrele vestibulo-cerebeloase, de la nucleii vestibulari;

3. fibrele olivo-cerebeloase, de la nivelul olivei bulbare.

Prin pedunculul cerebelos mijlociu, care leagă cerebelul de punte, sosesc fibrele cortico-ponto-cerebeloase, care provin de la scoarța cerebrală, fac sinapsă în nucleii pontini și apoi ajung la cerebel.

Prin pedunculii cerebeloși superiori, care fac legătura între cerebel și mezencefal, sosesc la cerebel fibre tecto-cerebeloase, provenite de la lama cvadrigemina.

Eferențele cerebelului

De la nucleul dințat pleacă două fascicule, ambele părăsind cerebelul prin pedunculul cerebelos superior:

— fasciculul deuto-talamic, care ajunge la talamus, de unde se continuă spre scoarță prin fasciculul talamo cortical;

— fasciculul deuto-rubric, care ajunge la nucleul roșu, de unde se continuă spre măduvă prin fasciculul rubro-spinal.

De la nucleul fastigial pleacă, de asemenea, două eferențe mai importante, ambele părăsind cerebelul prin pedunculul cerebelos inferior;

— fibre fastigio-vestibulare spre nucleii vestibulari din bulb, de la care pleacă spre măduvă fasciculul vestibulo-spinal;

— fibre fastigio-reticulate spre formația reticulată a trunchiului cerebral, de la care pleacă, spre măduvă, fasciculul reticulo-spinal.

VIII. FIZIOLOGIA CEREBELULUI

Deși cerebelul nu are conexiuni directe cu efectorii motori, prezența sa este indispensabilă pentru activitatea normală a acestora.

Excitarea cerebelului nu provoacă nici senzații subiective, nici mișcare. Totuși, după îndepărtarea sa, apar grave tulburări ale funcțiilor motorii somatice. Se perturbă mai ales mișcările voluntare rapide ca alergatul, cîntatul la pian, scrisul și vorbirea.

Funcția cerebelului este strîns legată de structura sa și de conexiunile aferente și eferente pe care le realizează. Pe aceste baze anatomice el îndeplinește rolul de supraveghetor al activității motorii, comparînd comanda centrală cu modul în care ea este executată.

În lumina concepției cibernetice, cerebelul apare ca un servo-mecanism dispus în paralel pe căile ce leagă bidirecțional, centrii motori superiori, de efectorii și receptorii periferici (fig. 64).

Orice comandă motorie trimisă la periferie este expediată, „în copie“, și spre cerebel, care ajunge astfel în posesia modelului teoretic al mișcării. La rîndul lor, receptorii periferici (proprioceptori, exteroceptori, receptori vestibulari) informează cerebelul asupra mișcării reale efectuate și a eventualelor schimbări survenite în postura organismului. Pe baza informațiilor primite, cerebelul calculează eroarea dintre mișcarea dorită și cea realizată și trimite impulsuri corectoare spre centri motori.

Cerebelul participă atît la activitatea motorie automată (menținerea tonusului, echilibrului, posturii și redresarea corpului) cît și la cea intențională, voluntară (mers, scris, vorbit). Se asigură și coordonarea acestor două categorii de activități motorii somatice.

1. *Funcțiile motorii automate* sînt reglate pe baza conexiunilor vermisului și lobului floculo-nodular (arhicerebel), cu nucleii vestibulari și cu nucleii extrapiramidali și ai formației reticulate din trunchiul cerebral (vezi funcțiile motorii ale trunchiului cerebral).

2. *Funcțiile motorii intenționale* emanate din scoarța motorie și ariile asociative corticale, sînt coordonate pe

baza conexiunilor emisferelor cerebeloase (neocerebel) cu talamusul şi cortexul motor.

3. *Cooperarea dintre mişcările voluntare şi cele automate,* asigură echilibrul, tonusul şi postura adecvată realizării cît mai perfecte a mişcărilor intenţionale, se realizează pe baza conexiunilor pe care le are paleocerebelul (scoarţa cerebeloasă din vecinătatea vermisului) cu talamusul şi cortexul motor, pe de o parte, şi cu nucleii motori extrapiramidali mezencefalici şi bazali, pe de altă parte.

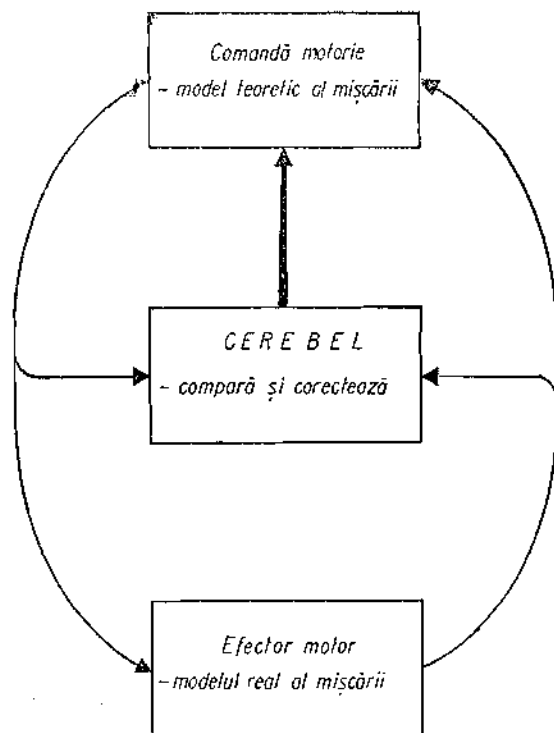


Fig. 64. Rolul cerebelului în activitatea motorie.

Leziunile cerebelului produc o serie de tulburări clinice caracteristice:

Astazia, este o tulburare a posturii şi echilibrului static al corpului care nu se poate menţine în picioare fără lărgirea poligonului de susţinere.

Astenia, se caracterizează prin instalarea unei senzaţii de oboseală musculară, la cele mai uşoare mişcări.

Atonia, reprezintă scăderea tonusului muscular.

Tremurătura intenţionată — bolnavul nu poate executa lin mişcările voluntare, ci sacadat.

Mersul de om beat şi tulburări în vorbirea articulată, precum şi alte anomalii ale motilităţii somatice, însoţesc de asemenea leziunile cerebeloase.

După cîteva luni de la îndepărtarea cerebelului, gravitatea acestor tulburări se reduce prin intervenţia unor mecanisme compensatorii.

IX. DIENCEFALUL (ANATOMIE)

Diencefalul — numit şi creierul intermediar — este aşezat deasupra mezencefalului, pe care-l depăşeşte în sens anterior şi sub emisferele cerebrale care-l acoperă. Prezintă o faţă dorsală, două feţe laterale şi o faţă bazală care corespunde spaţiului interpeduncular. Faţa bazală a diencefalului este singura faţă vizibilă prin simpla răsturnare a encefalului. Faţa bazală corespunde spaţiului interpeduncular (optopeduncular) şi este limitată anterior de chiazma optică, lateral de tracturile optice şi inferior de picioarele pedunculilor. De sus în jos întîlnim în acest spaţiu o serie de formaţiuni. Imediat înapoia chiazmei optice se vede tuber cinereum de care, prin intermediul infundibulului, atîrnă neurohipofiza. Inferior de aceste for-

mațiuni se află cei doi corpi mamilari sub care se remarcă originea aparentă a nervului oculomotor (III).

Fețele laterale ale diencefalului sînt acoperite de emisferele cerebrale și vin în raport cu nucleii bazali.

Fața dorsală a diencefalului este acoperită de corpul calos și de fornix. După înlăturarea lor remarcăm, în centru, o despicătură — ventriculul al III-lea și de o parte și alta, fața dorsală a talamusului.

În jurul ventriculului III se află mase de substanță cenușie: talamusul, metatalamusul, hipotalamusul, epitalamusul și subtalamusul.

Talamusul. Este format din 2 mase de substanță cenușie, de formă ovoidală, situate de o parte și de alta a ventriculului III. Partea sa posterioară, mai lată, se numește pulvinar, iar partea anterioară, mai ascuțită, rostru sau tubercul anterior al talamusului. Fețele mediale ale talamusului delimitează ventriculul III și prezintă stria medulară a talamusului.

Fața laterală este separată de nucleii bazali printr-o lamă de substanță albă numită capsula albă internă. Fața inferioară vine în raport, anterior, cu hipotalamusul și posterior, cu subtalamusul.

Fața superioară a talamusului prezintă tenia coroidă a talamusului pe care se prinde pînza coroidiană a ventriculului III.

În interiorul talamusului se află lama medulară internă în formă de Y care subîmparte talamusul în trei grupe nucleare: grupul nuclear anterior, grupul nuclear medial și grupul nuclear lateral.

Metatalamusul. Este format din cei doi corpi geniculați mediali și laterali care sînt situați înapoia talamusului. La corpii geniculați mediali sosește calea acustică, iar la cei laterali, calea optică.

Epitalamusul. Este situat posterior de ventriculul al III-lea și în structura sa intră comisura habenulară, epifiza, trigonul habenular și nucleul habenular.

Comisura habenulară împreună cu pulvinarul talamusului și cu coliculul cvadrigemen superior delimitează trigonul habenular care conține în interior nucleul habenular.

Hipotalamusul. Este situat sub talamus și formează podișul ventriculului III, la nivelul căruia se observă elementele feței bazale a diencefalului: tuber cinereum, infundibulul, neurohipofiza și cei doi corpi mamilari.

În structura hipotalamusului, substanța cenușie este dispusă în 4 regiuni: regiunea supraoptică, tuberală, mamilară și regiunea laterală. Substanța albă este constituită din fibre de legătură ale hipotalamusului cu scoarța cerebrală, talamus, trunchiul cerebral și hipofiza. Cu hipofiza are 2 feluri de legături:

— legături nervoase prin tractul hipotalamo-hipofizar, care leagă regiunea supraoptică a hipotalamusului de lobul posterior al hipofizei (neurohipofiza);

— legăturile vasculare sînt reprezentate de sistemul porthipofizar care face legătura între regiunea tuberală a hipotalamusului și lobul anterior al hipofizei (adenohipofiza).

Subtalamusul. Este situat în continuarea pedunculului cerebral și înapoia hipotalamusului. În constituția sa intră nucleul subtalamic, zona incertă și 2 fascicule: fasciculul talamic, situat între talamus și zona incertă și fasciculul lenticular, între zona incertă și nucleul subtalamic.

X. FIZIOLOGIA DIENCEFALULUI

1. Talamusul îndeplinește patru funcții:

— funcția de releu;
— funcția de asociație;
— funcția motorie;
— funcția de talamus nespecific.

Funcția de releu este îndeplinită de nucleii talamici specifici, în care se află al 3-lea neuron al căilor de conducere ale tuturor analizatorilor, cu excepția celui olfactiv. La acest nivel există și numeroase sinapse inhibitorii care pot regla intensitatea stimulilor ce se propagă spre ariile corticale. Unele sinapse inhibitorii se găsesc la terminația unor axoni corticotalamici, prin care se poate controla, prin voință, intensitatea senzațiilor dureroase.

Funcția de asociație se realizează prin conexiunile unor nucleilor talamici cu ariile asociative corticale din lobii parietal, temporal și occipital. Pe baza acestor conexiuni, talamusul ia parte, alături de scoarța cerebrală, la elaborarea unor comenzi voluntare.

Funcția motorie. Talamusul este conectat bidirecțional cu nucleii bazali și primește aferențe de la neocerebel și substanța neagră. Comenzile motorii elaborate pe baza acestor aferențe, sînt trimise apoi, eferent, spre cortexul motor (fig. 65) de unde pornește comanda spre motoneuronii somatici.

Prin poziția sa pe traiectul căilor senzitive și motorii, talamusul participă la integrarea senzitivo-motorie. La unele specii (păsări), talamusul reprezintă cel mai înalt nivel de integrare. La mamifere, multe din funcțiile integrative motorii au fost preluate de telencefal.

Funcția nespecifică este realizată de nucleii talamici nespecifici care fac parte din formația reticulată. Prin aceștia, talamusul participă la reglarea ritmului somn-veghe și la elaborarea unor procese afectiv-emoționale.

2. **Hipotalamusul,** supranumit și creierul vegetativ al organismului, este organul nervos cu cele mai numeroase funcții pe unitate de volum.

a. Hipotalamusul integrează toate *reglările vegetative* din organism. Porțiunea sa anterioară coordonează activitatea parasimpaticului iar cea posterioară, pe a simpaticului. În hipotalamus are loc o armonizare a activității aparatului cardiovascular cu cel respirator, digestiv, excretor etc. Spre exemplu, în timpul digestiei este nevoie de mai mult sînge în vasele care irigă tubul digestiv și glandele anexe. Deoarece volumul sangvin nu variază, creșterea debitului circulator spre organele aflate în activitate

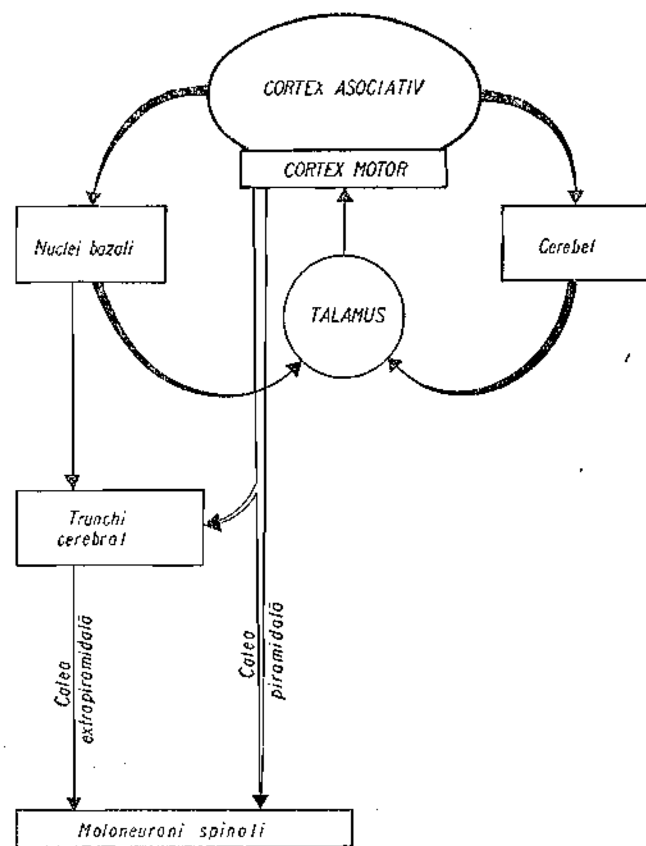


Fig. 65. Rolul nucleilor bazali, al talamusului și cerebelului în comanda motorie.

necesită intervenția unor mecanisme care să determine reducerea corespunzătoare a debitului sangvin în alte organe, aflate în acel moment în repaus (mușchi, piele) Această corelare o face hipotalamusul.

b. Hipotalamusul intervine în *reglarea metabolismelor intermediare* lipidic, glucidic și protidic și a metabolismului energetic. Leziuni hipotalamice produc obezitatea sau slăbirea exagerată. Hipotalamusul anterior favorizează procesele anabolice iar cel posterior pe cele catabolice, eliberatoare de energie.

c. Hipotalamusul *reglează activitatea secretorie a glandei hipofize.* Neuronii hipotalamusului anterior au proprietăți endocrine. Ei fabrică și eliberează în sînge numeroși hormoni, numiți produși de *neurosecreție.* Acești hormoni hipotalamici stimulează sau inhibă secrețiile interne ale adenohipofizei (vezi relații hipotalamo-hipofizare). Unii hormoni neurosecretați în hipotalamusul anterior sînt transportați pe cale nervoasă și depozitați în hipofiza posterioară, de unde se eliberează la nevoie (vasopresina și ocitocina). Prin intermediul hipofizei anterioare, hipotalamusul coordonează, de fapt, întreaga activitate endocrină din organism.

d. Hipotalamusul *reglează temperatura corpului,* Mamiferele și păsările au temperatura corpului constantă și independentă de variațiile temperaturii mediului înconjurător; sînt homeoterme.

Reglarea temperaturii corpului la homeoterme se face prin mecanism de feedback. Centrii de reglare sînt în hipotalamus (centrul termolitic, în hipotalamusul anterior și centrul termogenetic, în cel posterior). Efectorii sistemului de reglare sînt aparatul cardiovascular, pielea, mușchii scheletici și tiroida iar traductorii sînt termoreceptorii cutanați și neuronii termosensibili din centrul termolitic. Elementul reglat este temperatura medie a suprafeței corpului sau temperatura sîngelui care irigă hipotalamusul anterior și care se menține la valoarea de 37°C. Cînd temperatura cutanată sau a sîngelui scad cît de puțin, se intensifică activitatea centrului termogenetic, care stimulează procesele catabolice dar, mai ales, produce tremurături musculare (frison termic) și prin aceasta crește producția de căldură a organismului. Dacă receptorii termici sesizează o încălzire cutanată sau a sîngelui intră în acțiune centrul termolitic. Acesta determină vasodilatație în piele și stimulează secreția sudorală, efect ce favorizează pierderi de căldură prin iradiere și evaporare.

Animalele homeoterme devin poikiloterme dacă le secționăm axul cerebrospinal, sub nivelul hipotalamusului.

e. Hipotalamusul *reglează echilibrul hidric* al organismului. Aici se află centrii setei, excitați de reducerea volumului sangvin (sau de creșterea presiunii osmotice a acestuia fig. 66). Centri setei produc două efecte: provoacă, pe cale nervoasă, apariția, la nivelul scoarței cerebrale, a senzației conștiente de sete; stimulează neurosecreția și eliberarea de vasopresină din neurohipofiză. Ca urmare, individul va avea un comportament de ingestie de lichide și, în același timp, sub acțiunea vasopresinei, se reduce excreția renală de apă. Ambele efecte duc la restabilirea constantelor homeostatice dereglate.

f. Hipotalamusul *reglează aportul alimentar.* În hipotalamus se află centrii foamei ce impulsionează animalul sau omul să procure alimente și să le ingere. De asemenea, centrul sațietății ce determină sistarea alimentării. Cînd rezervele metabolice nutritive ale organismului scad, este excitat centrul foamei iar cînd acestea cresc, este excitat centrul sațietății. Distrugerea experimentală a centrului foamei face ca animalul să nu se mai alimenteze și să moară de inaniție; distrugerea centrului sațietății duce la supraalimentație și obezitate.

g. Hipotalamusul este un *centru important al vieții afective.* Alături de sistemul limbic, el participă la elabo-

rarea emoțiilor (frica, furia), sentimentelor și pasiunilor. Hipotalamusul are rol, în special, în expresia vegetativă interioară (variațiile ritmului cardiac, ale tensiunii arteriale etc.) sau exterioară (paloarea sau înroșirea pielii, lăcrimare etc.), a stărilor afective.

h. Hipotalamusul *reglează activitatea de reproducere a organismului*, atît prin participarea sa la geneza impulsului sexual, cît și prin reglarea secreției de hormoni gonadotropi hipofizari.

i. Hipotalamusul *reglează ritmul somn-veghe*. Împreună cu formația reticulată a trunchiului cerebral și cu talamusul nespecific, el participă la reacția de trezire, la creșterea stării de vigilență corticală. Leziuni în hipotalamus pot produce boala somnului.

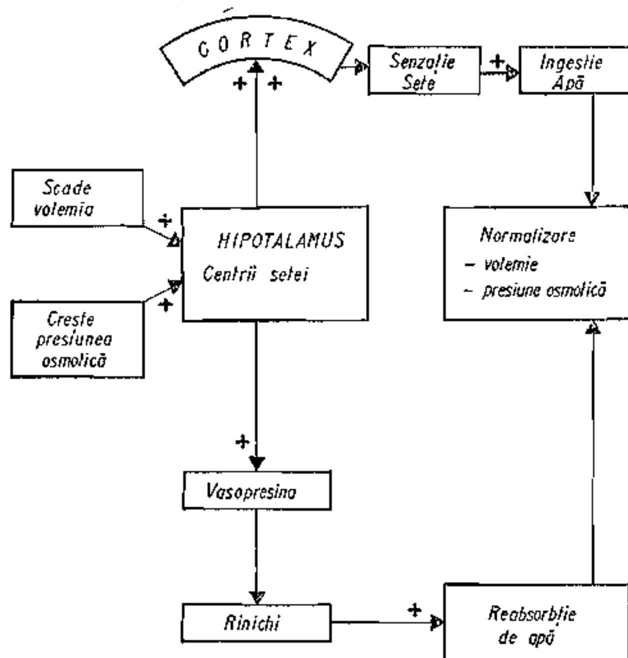


Fig. 66. Rolul hipotalamusului în reglarea volemiei.

Hipotalamusul îndeplinește încă o mulțime de roluri: reglează hematopoieza, participă la procesul de învățare, crește capacitatea de luptă antiinfecțioasă a organismului etc. Activitatea sa este influențată de scoarța cerebrală, atît de ariile vegetative cît și asociative.

XI. EMISFERELE CEREBRALE (ANATOMIE)

Emisferele cerebrale reprezintă partea cea mai voluminoasă a sistemului nervos central. Sînt legate între ele prin comisurile creierului și în interior conțin ventriculii laterali, I și II. Activitatea mai mare a membrului superior, precum și localizarea centrului vorbirii (aria 44 Broca) în emisfera stîngă determină asimetria de volum, emisfera stîngă fiind mai dezvoltată la dreptaci.

Între cele două emisfere se află fisura longitudinală a creierului în care se găsește coasa creierului, o dependință a duremater ce separă cele 2 emisfere.

Emisferele cerebrale prezintă trei fețe: supero-laterală, medială și inferioară (bazală).

— *Fața superolaterală*, este convexă și pe ea observăm mai multe șanțuri: *fisura laterală a lui Sylvius* (parcurge fața laterală în sens anteroposterior; începe pe fața bazală a emisferelor cerebrale); *șanțul central Rolándo* începe pe muchia cranială a emisferelor cerebrale și coboară către fisura laterală Sylvius; *șanțul occipital transvers; incizura preoccipitală* (fig. 67). Aceste patru șanțuri delimitează cei patru lobi: *lobul frontal*, situat înaintea șanțului central; *lobul parietal*, deasupra scizurii laterale, înapoia șanțului central și înaintea șanțului occipital transvers și a incizurii preoccipitale; *lobul tem-*

poral, sub fisura laterală și *lobul occipital*, situat înapoia șanțului occipital transvers și a incizurii preoccipitale.

— Lobul frontal, a cărui extremitate anterioară se numește pol frontal, prezintă două șanțuri frontale (superior și inferior) între care se delimitează girii frontali — superior, mijlociu și inferior. Cele două șanțuri frontale formează, prin bifurcarea lor, posterioară, șanțul precentral care, împreună cu șanțul central, delimitează girul precentral (aria motorie, cîmpul 4).

— Lobul parietal prezintă un șanț interparietal care, anterior se bifurcă formînd șanțul postcentral. Între șanțul central și postcentral se află girul postcentral (aria somestezică, cîmp 3,12).

— Lobul occipital, a cărui extremitate posterioară se numește pol occipital, este străbătut de un șanț vertical, șanțul lunat.

— Lobul temporal (extremitatea lui anterioară se numește pol temporal), este parcurs de 2 șanțuri temporale (superior și inferior), între care se delimitează cei trei giri temporali — superior, mijlociu și inferior. Pe fața superioară a girului temporal superior se văd girii transverși Heschll.

— În profunzimea fisurii laterale a lui Sylvius se află lobul insulei, care este înconjurat de șanțul circular.

— *Fața medială* (fig. 68). Deasupra corpului calos, pe fața medială, se observă șanțul corpului calos, superior de care se află șanțul cinguli, paralel cu șanțul corpului calos. Între aceste două șanțuri se află girul cingular. Deasupra șanțului cinguli se află girul frontal medial. În partea posterioară a feței mediale se văd două șanțuri: unul oblic — șanțul parietooccipital și altul orizontal — scizura calcarină. Între aceste două șanțuri se delimitează cuneusul — anterior, de șanțul parietooccipital se află precuneus iar sub scizura calcarină — girul lingual.

— *Fața bazală* (fig. 69). Pe fața bazală începe fisura laterală a lui Sylvius care împarte această față în lob orbitar situat anterior de fisura laterală și lob temporooccipital, situat posterior de fisura laterală.

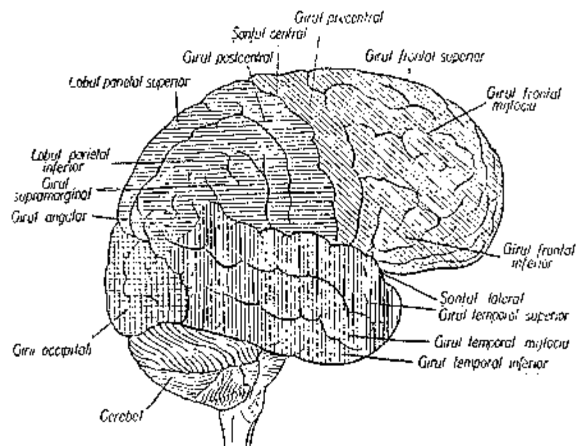


Fig. 67. Emisfera cerebrală (fața supero-laterală).

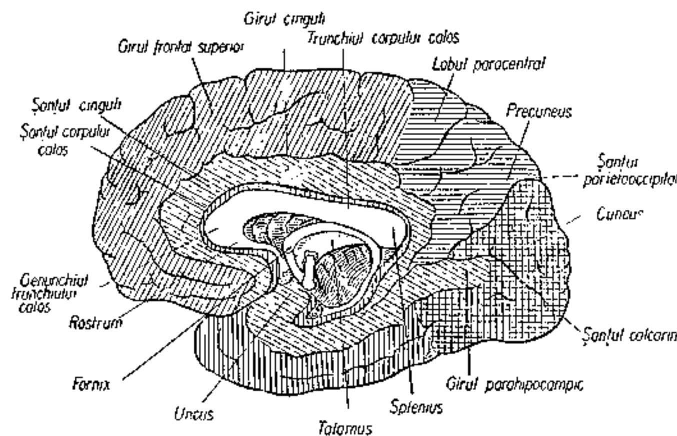


Fig. 68. Emisfera cerebrală (fața medială).

— La nivelul lobului orbitar se remarcă un șanț cu direcție antero-posterioară, șanțul olfactiv, care adăpostește bulbul olfactiv, continuat de tractul olfactiv. Lateral de șanțul olfactiv se află șanțurile orbitare, dispuse sub forma literei „H“, între care se delimitează girusurile orbitare.

— Lobul temporo-occipital prezintă trei șanțuri cu direcție antero-posterioară care, dinspre medial spre lateral, sînt: șanțul hipocampului, șanțul colateral și șanțul occipitotemporal. Între aceste șanțuri se delimitează trei giri care, în direcție mediolaterală, sînt: girul parahipocampal, girul occipitotemporal medial și girul occipitotemporal lateral.

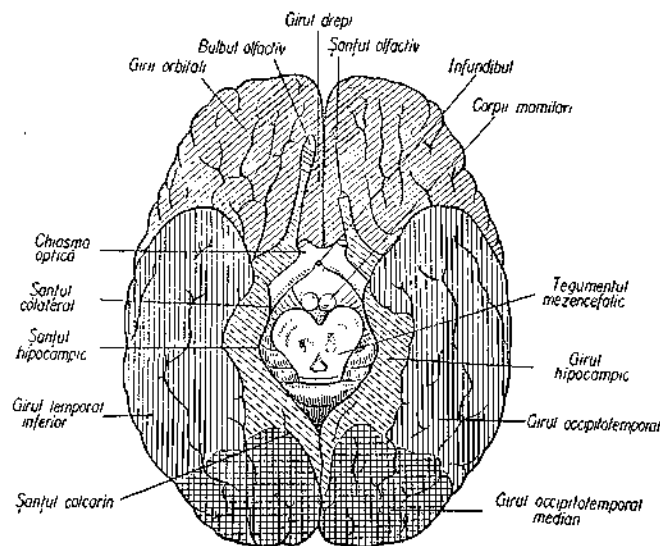


Fig. 69. Emisfera cerebrală (fața bazală).

Structura emisferelor cerebrale

Ca și la cerebel, substanța cenușie este dispusă la suprafață, formînd scoarța cerebrală și în profunzime formînd corpii striați (nucleii bazali). Substanța albă formează o masă compactă ce înconjură ventriculii cerebrali.

Corpii striați reprezintă un centru important al sistemului extrapiramidal, situați între talamus și scoarța lobului insulei. Corpii striați sînt reprezentați de nucleul caudat și lentiform.

— Nucleul caudat are o formă de virgulă, înconjură talamusul și prezintă un cap, voluminos, care depășește anterior talamusul, un corp și o coadă care ajunge în lobul temporal. Nucleul lentiform, situat lateral de nucleul caudat, are formă triughiulară pe secțiune și prezintă o parte laterală, mai închisă la culoare numită putamen și o parte medială, mai deschisă, numită globus palidus. Putamenul împreună cu nucleul caudat formează neostriatul, în timp ce globus palidus formează paleostriatul. Lateral de nucleul lentiform se află claustru, o lamă de substanța cenușie a cărei funcție nu este precizată. Între talamus și nucleul caudat, pe de o parte și nucleul lentiform, pe de altă parte, se află capsula albă internă. Între nucleul lentiform și claustru se află capsula albă externă, iar între claustru și lobul insulei se află capsula albă extremă.

Neostriatul primește fibre de la scoarță, de la talamus și de la substanța neagră, și trimite fibre spre talamus, scoarță și spre substanța neagră. Paleostriatul primește fibre de la scoarță, de la neostriat, de la talamus, subtalamus și substanța neagră și trimite fibre spre: talamus, nucleul subtalamic, substanța neagră, formația reticulată a trunchiului cerebral și spre oliva bulbară.

Scoarța cerebrală. Reprezintă etajul superior de integrare a activității sistemului nervos (fig. 70). Suprafața scoarței cerebrale variază între 1 400—2 600 cm², din care

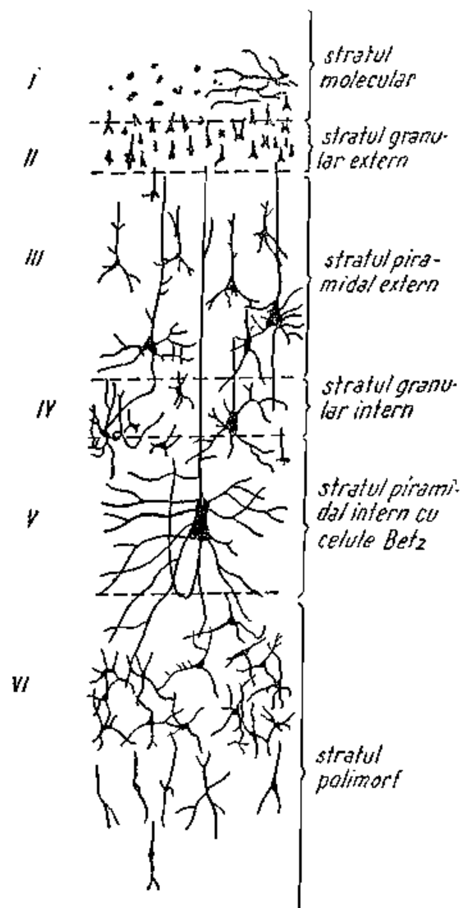


Fig. 70. Structura scoarței cerebrale.

numai jumătate este vizibilă la suprafață, restul fiind ascunsă în șanțuri și fisuri. Volumul scoarței este de 450—500 cm³, grosimea ei variind între 2—4,5 cm. Conține circa 14 miliarde de neuroni.

În cele mai multe regiuni, scoarța este formată din 6 straturi.

1. *Stratul superficial (molecular)* conține celule puține, de talie mică (4—6 µ), cu axon orizontal, avînd funcția de a transmite excitația spre mai multe unități verticale corticale. Densitatea lor este de 50 celule/mm³. Acest strat este bogat în fibre care reprezintă dendritele celulelor piramidale, axoni ai celulelor Martinoti, axoni și dendrite ale celulelor stelate și aferente corticale de proiecție și asociație.

2. *Stratul granular extern* conține celule granulare ale căror dendrite ajung în stratul I, iar axonii intră în substanța albă a emisferelor. Densitatea celulară este de 650 celule/cm³. Mai găsim și axoni sau dendrite ale neuronilor profunzi.

3. *Stratul piramidal extern* conține celule piramidale mici și medii, printre care se află și celule Martinoti. Axonul celulelor Martinoti ajunge în stratul I. Densitatea celulară este de 200 celule/mm³. Dendritele neuronilor piramidali urcă spre stratul I, iar axonii intră în substanța albă a emisferelor cerebrale.

4. *Stratul granular intern* este cel mai subțire. Conține celule stelate mici, cu axon scurt și celule stelate mari, cu axon lung, descendent, care se îndreaptă spre straturile profunde. Printre acești neuroni sînt dispersați neuronii granulari cu axon ascendent. Densitatea celulară este de 800 celule/mm³.

5. *Stratul piramidal intern* conține celule piramidale medii și mari (Betz) printre care se găsesc și celule Martinoti. Celulele Martinoti își trimit axonul către stratul I. Densitatea celulară este de 150 celule/mm³. Dendri-

tele celulelor piramidale ajung în stratul I, iar axonii intră în substanța albă a emisferelor cerebrale ca fibre de proiecție.

6. *Stratul fusiform* conține celule fusiforme mici, ale căror dendrite se ramifică local sau pot ajunge în straturile III și IV. Găsim și celule fuziforme mari, ale căror dendrite ajung în stratul I, precum și celule Martinoti care-și trimit axonul către stratul I. Densitatea celulară este de 200 celule/mm^3. Această stratificare cu șase straturi a primit numele de izocortex (neocortex sau neopalium). Densitatea neuronilor poate varia: cînd predomină celulele piramidale Betz — cu rol motor, cortexul se numește *heterotipic agranular* și este caracteristic pentru ariile motoare; cînd predomină straturile granulare și sînt reduse sau lipsesc straturile cu celulele Betz, cortexul se numește *heterotipic granular* (coniocortex) și este caracteristic ariilor senzitive și senzoriale.

Există regiuni ale scoarței în care găsim mai puțin de șase straturi. Vorbim, în acest caz, de arhipalium (alocortex), care este mai vechi. Arhipaliumul îl găsim în sistemul limbic.

Studiul dispoziției neuronilor — citoarhitectonia — și al orientărilor fibrelor nervoase — mieloarhitectonia — au dus la delimitarea porțiunilor de cortex cu aceeași structură, cunoscute sub numele de ariile lui Brodmann (peste 45 de arii).

Substanța albă a emisferelor cerebrale este formată din trei feluri de fibre: de proiecție, comisurale și de asociație.

— *Fibrele de proiecție* sînt fibre corticopetale și corticofugale, unind în ambele sensuri scoarța cu centri subiacenți. Aceste fibre converg în jurul corpului striat și talamusului formînd coroana radiată.

— *Fibrele comisurale* unesc cele două emisfere formînd corpul calos, fornixul și comisura albă anterioară.

Corpul calos are forma unui arc turtit cranio-caudal, prezentînd un corp a cărui extremitate anterioară, curbată, numită genunchi, se termină cu o margine ascuțită numită rostru care se continuă cu lama terminală. Extremitatea posterioară, mai voluminoasă, poartă numele de spleniu. Fața superioară a corpului calos este învelită de o lamă de substanță cenușie — indusium griseum sau girul supracalosal. Fața superioară a corpului calos vine în raport cu coasa creierului și cu sinusul venos sagital inferior.

Fibrele corpului calos radiază în substanța albă a emisferelor cerebrale formînd radiația corpului calos. Fibrele care radiază la nivelul genunchiului formează forceps minor care unește fețele mediale ale lobilor frontali. Fibrele de la nivelul spleniului alcătuiesc, în lobul occipital, forceps major.

Fornixul (trigonul cerebral) se află sub corpul calos. În partea centrală prezintă corpul fornixului. Anterior, corpul se împarte în cele două columne care se îndreaptă spre cei doi corpi mamilari, iar posterior corpul se împarte în cele 2 picioare care se îndreaptă spre hipocamp — formațiune aparținînd sistemului limbic.

Între columnele fornixului și genunchiul corpului calos se află septul pelucid format din 2 lame, între care se află cavitatea septului pelucid.

Comisura albă anterioară trece anterior de columnele fornixului și se răsfiră în regiunea anterioară a lobului temporal.

— *Fibrele de asociație* leagă regiuni din aceeași emisferă cerebrală. Ele pot fi scurte și se numesc arcuate; leagă giri din același lob sau giri vecini, din lobi diferiți (girul precentral din lobul frontal cu girul postcentral din lobul parietal). Fibrele lungi formează fascicule bine individualizate:

— fasciculul longitudinal superior, care unește lobul frontal cu lobul temporal și occipital;

— fasciculul longitudinal inferior, unește lobul occipital cu lobul temporal;

— fasciculul uncinat, care unește lobul frontal cu lobul temporal;

— fasciculul frontooccipital, situat profund de fasciculul longitudinal superior, unește polul frontal cu polii occipital și temporal;

— fasciculul perpendicular, care se găsește în lobul occipital și unește lobul parietal de temporal.

Localizări corticale

Ariile corticale, după funcția lor, pot fi clasificate în: arii de proiecție aferente, receptoare sau senzoriale — arii de proiecție eferente, efectoare sau motorii și arii de asociație. În realitate, toate ariile de proiecție senzoriale sau motorii primesc aferențe și trimit eferențe, de aceea denumirea corectă ar fi de arii senzoriomotorii, în particular pentru ariile pre- și postcentrală.

Ariile de proiecție aferente sînt: somestezice, vizuală, auditivă, gustativă, olfactivă și vestibulară (fig. 71).

Fig. 71. Centrii senzitivi și senzoriali (emisfera dreapta).

— *Aria primară a sensibilității generale* (aria somestezică primară) este localizată în girul postcentral, cîmpurile 3, 1, 2. În aria primară, centrii sînt localizați de sus în jos, după silueta răsturnată a corpului. Organismul se prezintă sub forma unei caricaturi monstruoase, la care ies în evidență buzele, limba și mîna cu degetele, în special policele. Această proiecție răsturnată a corpului a primit numele de homunculus senzitiv (fig. 72).

Mîna și degetele ocupă o suprafață mare, aproape egală cu cea a trunchiului și membrelor la un loc; aceasta

Fig. 72. Homunculus senzitiv.

se explică prin importanța funcțională a mîinii și densitatea receptorilor cutanați existenți în segmentul respectiv. În această arie se proiectează fibrele care alcătuiesc calea sensibilității exteroceptive (tactile, termice, dureroase și de presiune) din piele, precum și fibrele sensibilității proprioceptive (excitații culese de la tendoane, articulații, mușchi, periost, ligamente). La acest nivel se produc senzațiile respective.

— *Aria secundară somestezică* este situată de-a lungul buzei superioare a șanțului lateral. Este mai redusă decît cea primară. Această arie răspunde mai puțin la sensibilitatea tactilă, dar cu predominanță la cea dureroasă și termică.

— *Ariile vizuale* sînt localizate în lobul occipital pe buzele și în profunzimea șanțului calcarin și în părțile vecine din cuneus și girul lingual. Aria vizuală primară este reprezentată de cîmpul 17 sau aria striată, pe care retina se proiectează punct cu punct. Aria striată a fiecărei emisfere primește informații de la cîmpul vizual temporal ipsilateral și de la cîmpul vizual nazal al retinei contralaterale. În stratul IV al scoarței din aria striată există stria lui Genari. Aria vizuală secundară — cîmpul 18 — (aria parastriată) este principala arie de asociație. Cîmpul 18 este centrul memoriei vizuale. O a treia arie vizuală este reprezentată de cîmpul 19 — aria peristriată. Cîmpul 19 are rol în orientarea spațială și corectitudinea imaginii.

— *Ariile auditive*. Aria auditivă primară este localizată pe fața superioară a girului temporal superior, în girii transverși Heschll, cîmpurile 41 și parțial 42, care primesc aferențe geniculo-temporale de la corpul geniculat medial. Aria auditivă secundară este construită din cîmpul 42 (parțial) și cîmpul 22. Excitarea cîmpurilor 42 și 22 produce senzația de fluierat, de dangăt de clopot sau țîrîit de greier. Lezarea cîmpului 22 provoacă afazia senzorială (bolnavul aude dar nu poate interpreta sunetul, în special cuvintele).

— *Aria gustativă* este situată imediat superior de șanțul lateral Sylvius, în regiunea inferioară a girului postcentral, cîmpul 43.

— *Aria vestibulară* nu are o localizare precisă.

— *Aria olfactivă* este localizată în cortexul piriform, aria entorinală — cîmpul 28. Distrugerea, în mod experimental la animale și accidental la om, a acestor arii de proiecție aferente, duce la pierderea sensibilității în cazul ariei senzitive sau la pierderea funcției, în cazul ariilor senzoriale (orbire, surditate, anosmie de tip central, deși organele receptoare respective sînt intacte.

Ariile de proiecție eferente sînt originea căilor corticofugale. Au rol în inițierea mișcărilor voluntare, în integrarea funcțiilor motorii și modificarea tonusului muscular.

Aria somatomotorie primară corespunde cîmpului 4 din girul precentral, cît și cîmpurilor 6 și 8 din lobul frontal. În aria 4, centrii sînt localizați de sus în jos după silueta răsturnată a corpului. La acest nivel se formează o caricatură monstruoasă la care ies în evidență mîna (în special degetul mare) pentru coordonarea activității manuale și capul pentru coordonarea funcției fonatorii și mimicii. Această proiecție deformată a organismului a primit numele de homunculus motor (fig. 73).

Aria motorie secundară corespunde ariei somestezice secundare (cîmpurile 40 și 43) peste care se suprapune. Are rol în comanda motorie ipsilaterală.

Aria motorie suplimentară este localizată pe fața medială a girului frontal superior, anterior de aria primară. Stimularea ei are ca rezultat trei tipuri de mișcări: adaptarea de postură, mișcări complexe stereotipice și mișcări rapide necoordonate.

Ariile extrapiramidale ocupă aproape în întregime regiunea cortexului dar, în special aria premotorie 6, aria

motorie suplimentară (fața medială a girului frontal superior) și aria motorie secundară. Suprafața ocupată de ariile extrapiramidale reprezintă 85% din totalitatea cortexului motor. Aceste arii cuprind ariile subpresive, originea fibrelor parapiramidale și ariile extrapiramidale propriu-zise.

Ariile subpresive, a căror stimulare inhibă funcționarea ariei motorii primare, sînt: 2_s postcentrală, 19_s occipitală și 24 cingulară. Influxul subpresor al acestor arii ajunge la nucleul caudat care îl transmite la globul palidus. Acesta îl transmite, prin intermediul talamusului, spre scoarța precentrală din cîmpurile 4 și 6. În acest circuit cortico-strio-palido-talamo-cortical, talamusul are rol centralizator care controlează amplitudinea și modul în care a fost executată mișcarea. Ariile 4 și 6, astfel modulate, acționează asupra motoneuronilor medulari pe calea fibrelor parapiramidale.

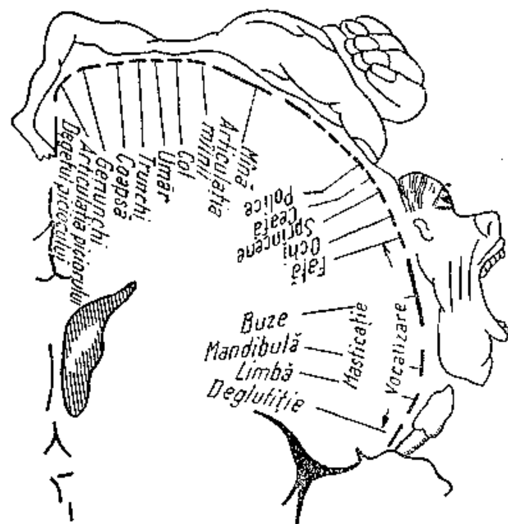


Fig. 73. Homunculus motor.

Ariile extrapiramidale propriu-zise sînt repartizate cortexului fronto-parieto-temporal și mai puțin occipital. Caracterul principal al acestor arii este excitabilitatea redusă față de cea a cîmpului 4, care se manifestă controlateral. De la aceste arii extrapiramidale pleacă fibrele corticopontine care ajung la nucleii din punte și de aici, prin fibre pontocerebeloase, la scoarța cerebelului (neocerebelul). De la scoarță ajung la nucleul dințat — apoi la talamus și de aici înapoi la scoarța cerebrală, încheind circuitul cortico-ponto-cerebelo-talamocortical. Rolul acestui circuit este de a aduce influxul nervos de reglaj cerebelos în execuția mișcărilor voluntare.

Zonele de asociație determină activități psihomotorii și psihosensitive prin integrarea funcțională a ariilor motorii cu cele senzoriale. Ele s-au dezvoltat mai recent pe scară filogenetică și ocupă o mare extindere în scoarța cerebrală.

Localizările vegetative se găsesc în partea frontală laterală și pe fața orbitară a lobului frontal, cuprinzînd ariile 10, 11, 12, 13, 14 (aria prefrontală). Prin excitarea acestor arii se intensifică reacțiile vegetative respiratorii, circulatorii, gastrointestinale și excretorii.

XII. FIZIOLOGIA EMISFERELOR CEREBRALE

Generalități

Rolul specific al creierului este de a prelucra informația. Sediul principal al acestor procese este scoarța cerebrală, dar se știe că la aceste acte participă și numeroase struc-

turi subcorticale. Pentru a prelucra informaţia, scoarţa cerebrală trebuie mai întîi să o primească.

Informaţia pătrunde în sistemul nervos la nivelul receptorilor, de unde este transmisă la scoarţă, în ariile senzitive specifice. Aceste informaţii sînt comparate la nivelul ariilor asociative cu cele culese de alţi analizatori, precum şi cu datele din memorie. Pe baza sintezei complexe a tuturor informaţiilor este elaborată starea de conştiinţă, sînt luate deciziile voliţionale şi automate (fig. 74).

Funcţiile neocortexului. Scoarţa cerebrală, cel mai recent apărută filogenetic, îndeplineşte trei categorii de funcţii:

1. funcţii senzitive;
2. funcţii asociative;
3. funcţii motorii.

Pe baza acestor funcţii, se nasc procesele psihice caracteristice fiinţei umane: procese cognitive; procese afective; procese volitive.

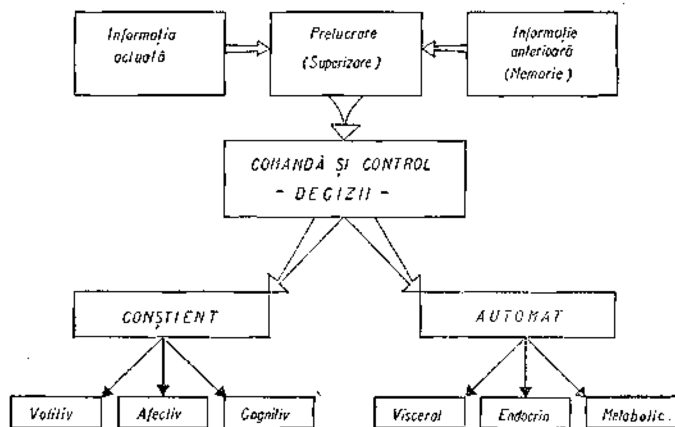


Fig. 74. Schema generală de funcţionare a creierului.

1. Funcţiile senzitive. La nivelul scoarţei cerebrale s-au evidenţiat numeroase cîmpuri (arii) senzitive, specializate în prelucrarea unui anume tip de informaţie. Aceste arii reprezintă segmentele corticale ale analizatorilor (fig. 75). La nivelul lor se termină axonii neuronilor talamici (cel de-al 3-lea neuron al căilor specifice de conducere ascendentă). Pe baza stimulilor care ajung în aceste arii, este elaborată senzaţia elementară specifică (vizuală, auditivă, tactilă etc.). Rolul senzitiv al acestor arii nu este exclusiv, iar funcţia de prelucrare (superizare) a diferitelor semnale trimise de la receptori, nu se desfăşoară în mod izolat. Există numeroase structuri subcorticale (talamusul, mezencefalul) şi spinale, cu rol asemănător dar cu o superizare mai elementară a semnalelor. Unele senzaţii vagi de durere, lumină, sunet sînt elaborate încă la nivel mezencefalo-diencefalic. Pe de altă parte, în procesul com-

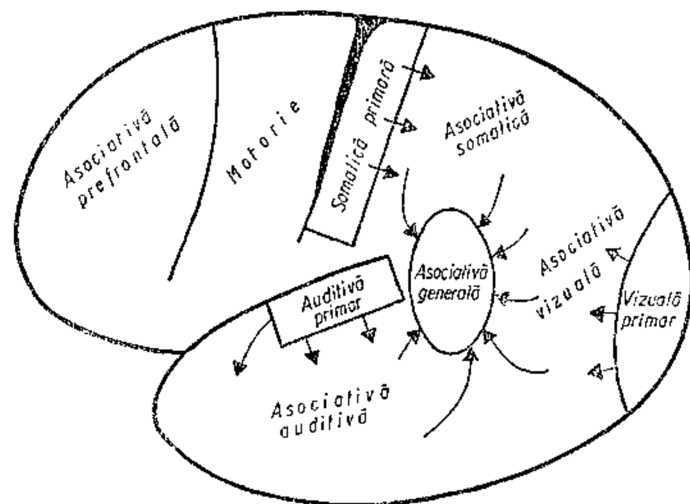


Fig. 75. Localizările principalelor arii corticale.

plicat de reconstituire conștientă a informației conținute în lumea ce ne înconjură, ariile senzitive specifice colaborează între ele cît și cu alte arii corticale (ariile asociative). Ariile asociative reprezintă arii senzitive secundare, în raport cu ariile senzitive specifice care sînt arii primare. Căile talamo-corticale se proiectează mai întîi în ariile primare.

2. Funcțiile asociative. În ariile senzitive primare iau naștere senzații elementare (lumină, culoare, sunet etc.). Percepția complexă a lumii exterioare și a semnificațiilor diferitelor senzații se realizează în ariile asociative, spre care sosesc impulsuri de la ariile primare și de la nucleii talamici nespecifici. În ariile asociative se petrece procesul cel mai înalt de superizare. Aici are loc elaborarea modelului conștient al lumii, apare conștiința propriei noastre existențe, iau naștere voința și deciziile. Topografic, ariile asociative se găsesc în zona prefrontală (anterior de cîmpurile motorii), în zona parieto-occipitală (în spatele ariilor somestezice) și în zona temporală (în jurul ariilor auditive). *Teritoriul prefrontal* este sediul controlului cortical al funcțiilor vegetative. Este conectat bidirecțional cu talamusul și hipotalamusul. Asigură integrarea funcțiilor vegetative în acte complexe de comportament uman. Tot aici este sediul personalității noastre. În leziuni ale lobului prefrontal, pe lîngă modificări vegetative (circulatorii, respiratorii, gastro-intestinale) se produc alterări ale personalității și comportamentului (docilitate excesivă, bizarerii, are activitate față de ofense etc., atitudine în contradicție cu situația de moment, vesel la înmormîntare și trist la nuntă etc.). *Ariile asociative parietale*, reprezintă zone interpretative a senzațiilor somatice. Lezarea lor reduce capacitatea recunoașterii prin pipăit a formei, durității, asperității sau calității obiectului atins, face imposibilă recunoașterea poziției spațiale a membrelor. Uneori este negată, chiar apartenența unei părți din propriul corp (asomatognozie).

Ariile asociative occipitale au rol în descifrarea semnificației senzațiilor vizuale. Lezarea lor nu duce la orbire ci la pierderea capacității bolnavului de a înțelege ceea ce vede (afazie vizuală sau cecitate psihică). Bolnavul vede un text scris, dar nu-l înțelege. Ariile asociative temporale au rol în elaborarea semnificației sunetelor. Bolnavii cu leziuni ale acestor arii nu sînt surzi, dar nu înțeleg ceea ce aud, ca și cum li s-ar vorbi într-o limbă străină (afazie auditivă sau surditate psihică).

La confluența ariilor asociative temporo-parieto-occipitale se află o *arie asociativă generală,* care integrează activitatea celorlalte arii asociative. Aceasta este o arie senzitivă terțiară, o arie a cunoașterii. Lezarea ei produce dificultăți în elaborarea gîndurilor proprii și înțelegerea gîndurilor exprimate verbal sau în scris de interlocutor. Aceste arii au legături și cu procesele de memorie vizuală și cu controlul vieții emoționale și sexuale. Prin conlucrarea ariilor senzitive asociative și a centrilor mezencefalo-diencefalici se elaborează modelul conștient al lumii exterioare (fig. 74).

3. Funcțiile motorii. Emisferele cerebrale coordonează întreaga activitate motorie somatică, voluntară și involuntară. Principalele structuri implicate în acest control nervos sînt cortexul motor și nucleii bazali.

1. *Fiziologia cortexului motor.* Cercetările experimentale de stimulare sau extirpare, precum și observații anatomice și clinice efectuate la bolnavii cu leziuni ale ariei motorii principale, au evidențiat rolul cortexului motor și al căii piramidale în transmiterea comenzii voluntare spre mușchii somatici. Stimularea ariei 4 determină contracții izolate sau grupate ale mușchilor din jumătatea contralaterală, iar extirparea abolește mișcările voluntare în jumătatea opusă a corpului. S-a constatat că mișcarea voluntară este însoțită și chiar precedată de activități motorii involuntare, automate. Acestea constau în modificări

ale tonusului muşchilor activi şi modificări în postura individului, acte motorii ce susţin corpul, favorizînd realizarea mişcării conform intenţiei.

Aşadar, mişcarea voluntară se realizează şi cu participarea structurilor motorii extrapiramidale. Sediul exact unde are loc elaborarea ideii de mişcare este greu de precizat. La acest act neurofiziologic şi psihologic complex, participă creierul emoţional (hipotalamusul şi sistemul

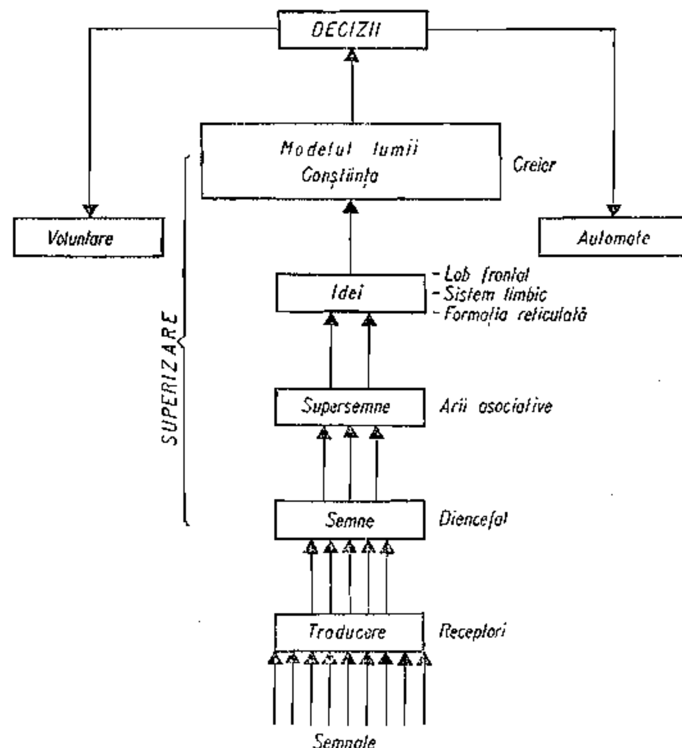


Fig. 76. Prelucrarea superioară a informaţiei.

limbic), ariile corticale motorii, premotorii, senzoriale şi asociative, nucleii bazali, cerebelul şi talamusul.

Impulsul (motivaţia) pentru efectuarea unei anumite mişcări voluntare ia naştere în creierul emoţional şi asociativ, care elaborează *planul general al mişcării*. Prin circuite cortico-striate şi cortico-ponto-cerebeloase, planul mişcării este remis simultan nucleilor bazali şi cerebelului care, la rîndul lor, trimit impulsuri spre cortexul motor prin releu talamic (fig. 77). Astfel, iau naştere două circuite de feedback motor;

— circuitul cortico-strio-talamo-cortical;

— circuitul cortico-cerebelo-talamo-cortical.

Prin conlucrarea tuturor acestor structuri este elaborat *programul mişcării voluntare*, ce va fi adus la îndeplinire de cortexul motor. Acesta coordonează, în special, mişcările rapide ale extremităţilor, activitatea motorie fină, calificată (scrisul, bătutul la maşină, cîntatul la instrumente etc.). Cortexul motor nu elaborează decizii ci le pune în aplicare.

2. *Fiziologia nucleilor bazali.* Nucleii bazali (corpii striaţi) reprezintă etajul cel mai înalt de integrare al mişcărilor involuntare, automate. La nivelul lor se elaborează şi unele comenzi voluntare pentru mişcări de ansamblu ca înclinarea corpului în faţă-spate, înclinarea laterală, mişcări de răsucire ale trunchiului, rotaţia corpului precum şi mişcări globale în articulaţiile umărului şi şoldului. Rolul lor preponderent este în reglarea mişcărilor involuntare (tonus, postură, echilibru) şi a celor automate (mişcări iniţiate voluntar de scoarţă dar continuate apoi automat, fără preocuparea specială a individului: de exemplu, mersul).

Nucleii bazali, prin intermediul structurilor motorii extrapiramidale din trunchiul cerebral (nucleul roşu, substanţa neagră, formaţia reticulată) determină repartiţia adecvată a tonusului la nivelul musculaturii active şi

adoptarea unei posturi corespunzătoare, în vederea efectuării mișcării voluntare, în condiții optime. În același timp, prin circuitul de feedback strio-talamo-cortical, nucleii bazali influențează comanda voluntară cortical (fig. 78). Corpii striați exercită, în general, o acțiune inhibitorie asupra tonusului muscular și, de aceea, în cazul lezării lor se produce *spasticitate*, ca urmare a predominanței efectelor excitatorii ale căii piramidale și a nucleilor extrapiramidali din trunchiul cerebral. Un alt simptom al leziunilor acestor nuclei este *achinezia*, adică tendința la imobilitate, dificultate în efectuarea mișcărilor voluntare

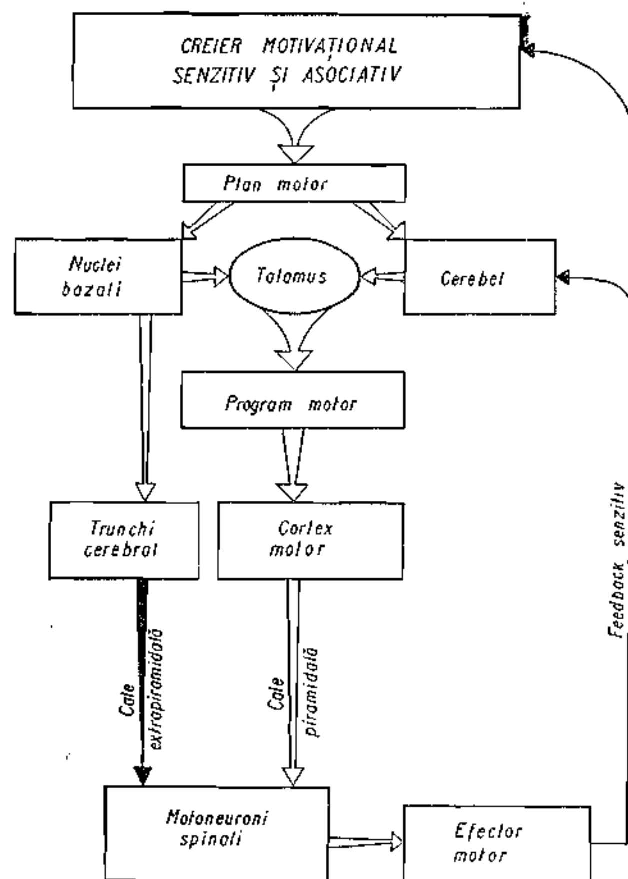


Fig. 77. Dinamica elaborării comenzii voluntare.

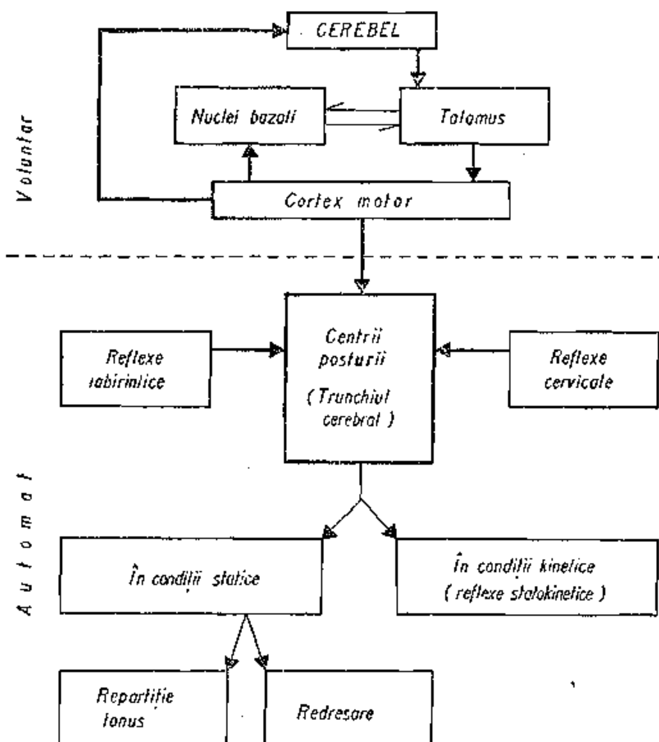


Fig. 78. Mecanisme de menținere a posturii.

semn explicat prin dispariția rolului corpilor striați în elaborarea comenzii voluntare.

FUNCȚIILE PALEOCORTEXULUI. Paleocortexul sau sistemul limbic îndeplinește trei categorii de roluri:

— Rol de centru cortical al analizatorului olfactiv.

— Rol în reglarea actelor de comportament instinctual.

— Rol în procesele psihice afective.

1. Funcția olfactivă prezintă o însemnătate mare la animale și mai mică la om. Pe baza mirosului, animalele recunosc de la mare distanță atît partenerul de sex cît și adversarul, prada și dușmanul. La om simțul olfactiv are si o componentă emoțională cu efect stimulator sau inhibitor.

2. Actele de comportament instinctiv reprezintă un ansamblu de activități psihice, somatice și vegetative desfășurate în vederea satisfacerii unor necesități primare ale organismului (alimentarea, adăparea, funcția sexuală, stăpînirea unui teritoriu, obținerea libertății). La baza actelor de comportament se află un proces nervos complex numit *motivație* sau *impuls*. Impulsul (motivația) este o stare psihică ce determină pe om sau animal să îndeplinească anumite activități menite să satisfacă una din necesitățile primare. Motivația dispare în momentul satisfacerii și reapare odată cu necesitatea repetării actului de comportament respectiv. Scăderea volumului lichidelor extracelulare provoacă setea care este o motivație ce se va stinge prin ingestia de apă.

Nu există activitate umană care să nu aibă la bază un proces motivațional, chiar dacă legătura nu este întotdeauna evidentă la o analiză superficială. Motivația dă suport și tărie actelor noastre psihice (afective sau intelectuale), ca și celor fizice motorii (performanța sportivă, măiestria meșteșugarului etc.). Însuși procesul de învățare și memorizare au la bază motivația.

Cercetări experimentale efectuate pe animale purtătoare de electrozi implantați în sistemul limbic sau diencefal au evidențiat prezența, la nivelul creierului, a două categorii de centri. *Centri pedepsei*, a căror stimulare produsă prin apăsarea întîmplătoare a animalului pe o pedală aflată în cușcă, produce comportament de evitare a pedalei. Stimularea acestor centri de către experimentator produce tulburări nervoase și îmbolnăvirea animalului. Centrii pedepsei se află în hipotalamusul lateral și posterior, în partea dorsală a mezencefalului și în cortexul limbic. *Centri recompensei* produc, prin excitare întîmplătoare, stări plăcute deoarece animalul se reîntoarce la pedală pe care o apasă de mii de ori fără întrerupere pînă la epuizare. Acești centri sînt localizați în hipotalamusul medial, în profunzimea șanțului Sylvius și mezencefalul anterior. Cercetări similare făcute la om au evidențiat existența unor zone a căror excitare produc sedare și relaxare iar excitarea altora produce stări de frică și anxietate.

3. Stările afective, emoțiile, sentimentele, pasiunile se nasc în sistemul limbic. Procesele fiziologice complexe care generează aceste stări au la bază o serie de circuite funcționale pe care sistemul limbic le realizează cu hipotalamusul, talamusul nespecific și formația reticulată a trunchiului cerebral, ca și cu toate ariile corticale asociative. Pe baza acestor conexiuni, sistemul limbic poate elabora unele reflexe condiționate simple (de evitare a unor agenți dăunători). El provoacă (prin intermediul hipotalamusului) o serie de manifestări vegetative ale emoțiilor (paloare, roșeață, variații ale tensiunii arteriale etc.). Pe baza circuitelor limbo-neocorticale și limbo-mezencefalice este asigurat procesul de învățare și este elaborată trăirea subiectivă a emoției (frică, anxietate, bucurie etc.).

1. GENERALITĂŢI

Este în acelaşi timp dificil şi eronat să localizezi funcţiile cele mai înalte ale creierului. Nu există centri ai gîndurilor sau ai voinţei, nu există un centru al învăţării sau memoriei, nu există un sediu anatomic precis al conştiinţei. Procesele nervoase de nivel superior, care au trecut graniţa fiziologiei spre psihologie, nu pot fi înţelese şi studiate cu metodele curente ale fiziologiei experimentale.

Din analiza vieţii psihice umane se disting trei compartimente psiho-fiziologice:

— compartimentul cognitiv (de cunoaştere);
— compartimentul volitiv (decizional);
— compartimentul afectiv.

Unele compartimente, împreună cu o parte din manifestările lor concrete, se întîlnesc în formă rudimentară şi la animale. De altfel Secenov şi mai tîrziu Pavlov, au început descifrarea unor mecanisme elementare care stau la baza activităţii creierului, pornind de la observaţii şi experienţe pe animale. Pavlov a instituit pentru studiul funcţiilor creierului, *metoda reflexelor condiţionate*.

2. REFLEXELE CONDIŢIONALE

Reflexul condiţionat este un răspuns „învăţat" pe care centrii nervoşi îl dau unui excitant indiferent. Fiecare specie de vieţuitoare, a împărţit excitanţii din mediu, conform experienţei filogenetice proprii, în *excitanţi indiferenţi* (fără importanţă biologică) şi absoluţi (cu mare însemnătate biologică, în sensul că sînt ori folositori, ori dăunători speciei).

În general, sunetul şi lumina fac parte din prima categorie, iar hrana, mirosurile, agenţii nocivi, din a 2-a. La apariţia unui semnal absolut, animalul răspunde printr-un reflex necondiţionat, înnăscut, caracteristic speciei. La un semnal indiferent, animalul nu dă nici un răspuns sau are o reacţie de orientare (întoarce privirea spre sursa excitantului şi îşi continuă apoi indiferent de activitate). Pavlov a descoperit posibilitatea încărcării excitanţilor indiferenţi cu semnificaţii noi pentru animal, transformarea lor în *excitanţi condiţionali*. Această transformare se petrece în timpul elaborării reflexului condiţionat. Regulile elaborării R. C. sînt următoarele:

— *Asocierea*. La administrarea unui excitant absolut (hrană) se asociază un excitant indiferent (sunet sau lumină).

— *Precesiunea*. Excitantul indiferent să preceadă excitantul absolut.

— *Dominanţa*. Animalul să fie flămînd, încît instinctul alimentar să fie dominant în momentul asocierii excitanţilor.

— *Repetarea*. Pentru formarea unui reflex condiţionat sînt necesare 10—30 şedinţe de elaborare.

În urma acestor experienţe, Pavlov a obţinut la cîini reflexe condiţionate, salivatorii şi gastrosecretorii, folosind excitanţi acustici sau luminoşi. Pavlov a explicat mecanismul elaborării R. C., pe baza apariţiei unor conexiuni între centrii corticali ai analizatorilor vizual sau auditiv şi ariile corticale vegetative responsabile de secreţia salivară sau gastrică. Cînd se administrează excitantul indiferent, acesta creează o zonă de excitaţie în aria senzitivă primară. Excitantul absolut determină o stare de excitaţie mai puternică (dominantă) în aria corticală vegetativă. Focarul dominant atrage excitaţia din

focarul mai slab. Prin repetare, apar „căi bătătorite" între cele două focare corticale încît este suficientă numai administrarea excitantului indiferent (devenit condițional) pentru obținerea răspunsului vegetativ caracteristic.

Cu această metodă s-au putut fixa numeroase reflexe condiționate, cu răspuns somatic (retragerea labei), vegetativ (digestiv, circulator, respirator) sau metabolic. În prezent s-a demonstrat că reflexul condiționat stă la baza învățării. La elaborarea sa participă nu numaii centrii corticali ci și o serie de circuite subcorticale și cortico-subcorticale (circuite limbo-mezencefalice, reticulo-talamo-corticale etc.).

Reflexele condiționate, spre deosebire de cele înnăscute, se închid la nivel cortical. Ele se sting dacă stimulul condiționat nu este întărit din timp în timp prin cel absolut. Stingerea unui reflex condiționat a fost numită de Pavlov *inhibiție corticală.*

3. PROCESELE NERVOASE FUNDAMENTALE

Pavlov a arătat că la baza tuturor activităților nervoase stau două procese: excitația și inhibiția.

Excitația este procesul nervos activ ce se manifestă prin inițierea unei activități sau amplificarea uneia neexistente. Stimulii care se transmit prin sinapse excitatorii provoacă stare de excitație a centrilor.

Inhibiția este tot un proces activ ce se manifestă prin diminuarea sau sistarea unei activități anterioare. Inhibiția se transmite prin sinapsele inhibitorii. Excitația și inhibiția pot apărea în orice structură nervoasă. Ele au un caracter tot mai complex la nivelul centrilor encefalici și al scoarței cerebrale.

Excitația corticală, este rezultatul intrării în activitate a sistemului reticulat activator ascendent (SRAA). Stimulii care declanșează SRAA, provoacă reacția de trezire corticală (vezi formația reticulată).

Inhibiția corticală, este mai diversă. Există o inhibiție externă, cauzată de stimuli din afara focarului cortical activ. Spre exemplu, în timpul unui reflex salivar la sunet condițional, se provoacă un zgomot nou, necunoscut de animal. Acesta reacționează printr-un reflex de orientare, iar salivația încetează pentru cîteva minute. Inhibiția externă a fost numită de Pavlov inhibiție necondiționată, pasivă.

Inhibiția internă apare chiar în interiorul focarului cortical activ (inhibiție condiționată, activă). Această inhibiție este specifică scoarței cerebrale. Un exemplu de inhibiție internă este *inhibiția de stingere.* Un alt exemplu este inhibiția de întîrziere ce apare la stabilirea unor reflexe condiționate cu interpunerea unor pauze între excitantul indiferent și cel absolut. Reacția vegetativă caracteristică se va produce nu la administrarea excitantului condiționat ci după trecerea pauzei respective. O altă formă este *inhibiția de diferențiere.* Se folosesc doi stimuli indiferenți de aceeași natură fizică (sunet de 800 Hz și de 820 Hz). Unul din stimuli este însoțit de hrană, celălalt nu. La început, animalul dă răspuns condiționat la ambele sunete, dar mai tîrziu, nu va mai saliva la sunetul neîntărit prin excitantul absolut.

O altă variantă este *inhibiția condiționată.* Ea se obține prin asocierea intermitentă la un excitant condițional eficare, a unui alt excitant indiferent. Asocierea celor doi excitanți nu este întărită prin hrană, iar stimulul condițional este întărit. După un timp, răspunsul reflex la stimulul condițional scade.

Inhibiția supraliminară sau de protecție este o altă varietate a inhibiției interne. Dacă un focar cortical aflat în stare de excitație este solicitat mult timp, el se epuizează și trece în stare de inhibiție. Pavlov a considerat somnul

ca o expresie a inhibiției de protecție generalizată la nivel cortical.

Pavlov a arătat că excitația și inhibiția prezintă o mobilitate deosebită. Fiecare poate să *iradieze* pe o suprafață corticală mai mare sau să se *concentreze* într-o zonă limitată. Ele se pot succede alternativ în același teritoriu sau în teritorii vecine. Astfel, în locul unui focar de excitație poate surveni un focar inhibitor iar în jurul focarelor excitatorii sau inhibitorii se nasc zone cu activitate opusă focarului — fenomene de *inducție reciprocă* succesivă și concomitentă.

4. VEGHEA ȘI SOMNUL

Activitatea emisferelor cerebrale trece periodic prin două stări funcționale distincte: starea de veghe și starea de somn.

Veghea, reprezintă starea funcțională cerebrală caracterizată prin creșterea tonusului sistemului reticulat, activator ascendent, concomitentă cu orientarea conștiinței spre o anumită activitate. Veghea începe odată cu stabilirea contactului conștient cu lumea înconjurătoare sau cu gîndurile proprii și se termină cînd acest contact încetează. Alternativa stării de veghe este somnul. Comutarea este efectuată de către SRAA.

Somnul, reprezintă o stare de activitate cerebrală caracterizată prin întreruperea temporară a contactului conștient cu interiorul și exteriorul nostru. Are caracter reversibil. Trecerea de la veghe la somn și invers are loc cu ușurință, în cîteva secunde. Ritmul somn-veghe coincide cu ciclul noapte-zi; de aceea se mai numește ritm *circadian sau nictemeral*. Bioritmul circadian s-a format în istoria filogenetică a speciilor. El are mecanisme endogene de producere, dar este puternic influențat de stimulii exogeni. În funcție de adaptarea la mediu, coincidența somn-noapte, veghe-zi este inversată la unele specii (gîndaci, unele păsări și mamifere). Un rol important în reglarea acestui bioritm îl are diencefalul și formația reticulară. Leziuni la nivelul hipotalamusului sau întreruperea căilor reticulo-corticale determină somn continuu (boala somnului). Durata somnului variază în funcție de vîrstă, fiind de 20 ore la sugar, 10 ore la tineret și 7 ore la bătrîni. În timpul somnului, se produce de regulă o diminuare a funcțiilor vegetative (respirație, circulație, digestie) și metabolice (scad energogeneza și consumul de O_2). Frecvența mișcărilor respiratorii și a debitului ventilator scade. Se produce bradicardie, scăderea debitului cardiac și a tensiunii arteriale. Secrețiile și activitatea peristaltică digestivă diminuă și chiar încetează. Funcția aparatului urinar se reduce. În somn se produc și modificări somatice. Tonusul muscular diminuă, activitatea aparatului locomotor încetează.

Mecanismele producerii somnului sînt pasive și active. *Somnul* pasiv poate fi indus prin crearea unor condiții speciale de ambianță (liniște, întuneric, stimuli monotoni), concomitent cu luarea unor atitudini (care să permită reducerea la maximum a aferențelor somestezice și vizuale (poziție culcată, ochii închiși). Somnul activ se datorește, așa cum a bănuit Pavlov, unor procese de inhibiție generalizată la nivel cortical. El se produce, atît ca urmare a diminuării influenței SRAA, cît și prin acțiunea unor sisteme subcorticale inhibitorii, și prin secreția unor mediatori chimici care induc somnul.

Somnul poate fi indus artificial prin administrare de droguri (somnifere, anestezie generală). Acest tip de somn nu este așa de ușor reversibil ca cel fiziologic.

Starea de somn nu este omogenă. În timpul somnului se produc faze ciclice de activitate neuronală (somn para-

doxal) caracterizate prin modificări electroencefalografice (unde rapide), mișcări ale globilor oculari și apariția viselor. Aceste face alternează cu perioade de somn cu unde electrice lente fără vise (somn obișnuit).

Somnul este necesar pentru refacerea unor structuri nervoase care întrețin starea de veghe. Privarea îndelungată de somn produce la om și animale de experiență, tulburări de comportament și chiar modificări metabolice. Inversarea ritmului noapte-zi sau schimbarea fusului orar solicită organismul în mod suplimentar, acesta necesitînd perioade de 2—3 săptămîni pentru adaptare la noul bioritm.

Activități cerebrale cognitive

Din această categorie fac parte manifestările psihice intelectuale (învățarea, memoria, gîndirea, limbajul etc.).

1. *ÎNVĂȚAREA,* constă din acumularea de informație sub formă de cunoștințe și experiențe de viață. Alături de memorie, învățarea este una din funcțiile fundamentale ale creierului, a cărui materie primă este informația. Spre deosebire de alte celule, care activează pe bază de informatică, neuronul are proprietatea de a-și însuși temporar numeroase informații noi, pe care însă nu le poate transmite. Acumulările de cunoștințe nu sînt ereditare, se cîștigă în timpul vieții, prin interacțiunea permanentă cu factorii de mediu natural și social, dar se pierd odată cu încetarea din viață.

Există două categorii de activități cerebrale. Din prima, fac parte reflexele necondiționate și actele de comportament instinctiv. Acestea se moștenesc, sînt imuabile și caracterizează întreaga specie. Din a 2-a categorie, fac parte reflexele condiționate, activitățile și comportamentele însușite de fiecare individ în parte. Prin învățare nu se acumulează pur și simplu noi cunoștințe, ci crește capacitatea de adaptare la mediu a individului. Învățarea este legată de starea de veghe și deci necesită o anumită activitate a SRAA, a diencefalului, sistemului limbic și a neocortexului. Toți factorii care stimulează aceste structuri favorizează învățarea. Astfel, excitații ale exteroceptorilor și proprioceptorilor prin exerciții fizice, stimulări vizuale (plimbări în natură) și auditive (muzică), potențarea motivațională (stimularea curiozității, recompensele morale și materiale) sînt metode de creștere a interesului pentru însușirea de cunoștințe și de ușurare a învățării.

Învățarea este strîns legată de memorie. Scoarța cerebrală nu se rezumă doar la prelucrarea datelor furnizate de receptori ci fixează aceste date sub formă de memorie; le folosește apoi în cadrul procesului de învățare. Învățarea poate porni direct de la informația din jur sau de la informația depozitată în memoria noastră. Comparînd permanent datele noi cu cele existente deja în memorie, scoarța stabilește noi raporturi logice între noțiuni, le asimilează și le memorează.

Mecanismul învățării, este strîns legat de al formării memoriei. Formarea de reflexe condiționate reprezintă un mecanism elementar al învățării. Recent, ca urmare a progreselor din domeniul neurofiziologiei dar și din tehnica calculatoarelor electronice, s-a evidențiat mecanismul de condiționare operațională al învățării. Acest mecanism are la bază asocierea cunoștințelor și deprinderilor ce urmează a fi însușite, cu stimularea unor centri speciali din sistemul limbic și diencefal. Stimularea *centrului recompensei* atunci cînd animalul execută corect actul învățat, și a *centrului pedepsei* cînd animalul greșește sau refuză să învețe, grăbesc procesul de însușire de noi cunoștințe. Posibilitatea de a evita o pedeapsă prin învățarea corectă a temei reprezintă de asemenea un stimul al învățării.

Un rol deosebit îl joacă experiența proprie a individului, ca și fondul de noțiuni anterior acumulate. Creierul

se remodelează în procesul de învățare, devenind calitativ și structural tot mai complex și mai eficace. Un creier instruit nu se deosebește de cel neinstruit numai prin diferența în cantitatea de noțiuni conținută. Creierul instruit are și o structură funcțională superioară.

Structurile morfologice implicate în procesul de învățare sînt numeroase și incomplet precizate. Substratul elementar este reprezentat de conexiunile sinaptice al căror număr crește cu vîrsta și cu acumularea de noțiuni noi. Prin experiențe de stimulare vizuală repetată la pisică s-au produs modificări morfologice în cortexul vizual; creșterea și umflarea dendritelor, alungirea butonilor terminali ai axonilor, creșterea diametrelor axonice etc. Un rol se atribuie și celulelor neurologice care ar media contacte între neuroni, ca niște *punți de transmisie* a informației de la un neuron la altul. Aceste modificări elementare asigură crearea de noi circuite funcționale prin care informația se deplasează în vederea prelucrării și depozitării. S-a descris un circuit funcțional cortico-diencefalo-mezencefalo-cortical, care include sistemul limbic, hipotalamusul, talamusul și formația reticulată a trunchiului cerebral. Integritatea acestui circuit este indispensabilă procesului de învățare.

MEMORIA, reprezintă capacitatea creierului de a depozita informația și de a o aduce la nevoie în lumina conștiinței. Prin memorie, creierul reține, recunoaște și evocă, experiența de viață a individului. Memoria reprezintă o reflectare activă și selectivă a informației din afară, pătrunsă în creier în etape anterioare. Memoria se află la baza învățării dar nu se confundă cu acestea. Există mai multe tipuri de memorie, care în raport cu durata păstrării informației se clasifică în:

— *Memoria senzitivă* sau de reținere momentană. Această memorie durează fracțiuni de secundă sau secunde, exact timpul necesar circulației informației noi prin centri nervoși. Spre exemplu cînd citim, memorăm literă cu literă numai timpul necesar integrării lor în cuvinte, după care le uităm și reținem cuvîntul, pe care de asemenea îl uităm, reținînd ideea frazei. Un alt exemplu este reținerea pentru cîteva secunde a unui număr pe care-l formăm prima dată la telefon.

— *Memoria de durată scurtă* asigură conservarea informației pe durate de ore sau zile; dialogul avut cu un interlocutor, replici și scene mai interesante dintr-un spectacol vizionat etc. Această memorie nu se deosebește principial de a 3-a formă.

— *Memoria permanentă*, de lungă durată, care asigură depozitarea informației pe durata cea mai îndelungată posibilă. Exemplu, nu uităm niciodată cine ne sînt părinții, limba maternă sau anumite experiențe adînc săpate în conștiință.

Ca și alte funcții superioare cerebrale, memoria nu are un sediu precis. Experiențele vizuale și auditive se depozitează în special în ariile asociative temporo-occipitale iar cele somestezice în cele parieto-temporale. Lobul prefrontal, sistemul limbic, ca și unele structuri diencefalo-mezencefalice depozitează memorie.

Baza neurofiziologică a memoriei depinde de tipul ei. Pentru memoria senzitivă, sînt suficiente circuitele electrice neuronale care vehiculează informația. Memoria de durată scurtă-medie și de lungă durată-permanentă, au o bază biochimică și anatomică.

S-a demonstrat că memorarea constă din sinteza de către neuron a unor *proteine ale memoriei* și ai unor acizi ribonucleici (ARN) de memorie. Concentrația acestor *molecule ale memoriei* crește în centri nervoși solicitați cu stimuli specifici. Spre exemplu, cantitatea de ARN din nucleii vestibulari și din centri corticali ai echilibrului se dublează la șobolanii antrenați să meargă pe sîrmă spre sursa de hrană. Concomitent scade ARN din nevro-

glie. Administrarea unor antibiotice care blochează transcripţia ARN de pe ADN reduc capacitatea de memorizare-învăţare. Sub influenţa ARN se fabrică proteine specifice ale memoriei. Aceasta intră în structura membranelor postsinaptice, modificîndu-le permeabilitatea şi alte proprietăţi facilitînd trecerea preferenţială a informaţiei care i-a indus sinteza. În acest mod, la nivelul creierului se pot naşte un număr enorm de circuite neuronale specializate ($10^{80\,000}$ faţă de numărul total al atomilor din univers care este de ordinul 10^{80}). Prin aceste circuite informaţia este vehiculară, superizată şi adusă în lumina conştiinţei.

Activităţi cerebrale volitive

Activitatea de reglare nervoasă a funcţiilor se poate desfăşura în două moduri:

1. Cu participarea conştientă a individului.
2. Fără participarea conştientă a individului.

În general, reglarea funcţiilor vegetative nu ajunge în lumina conştiinţei, iar reglarea activităţilor somatice este conştientă.

Voinţa reprezintă forma cea mai înaltă de activitate nervoasă conştientă. Datorită voinţei, individul poate lua decizii privind activitatea efectorilor somatici (uneori şi a celor vegetativi), precum şi a relaţiilor sale cu societatea. Deşi voinţa se manifestă ca o stare psihică primară, aparent lipsită de cauzalitate, în realitate toate actele decizionale au un mecanism cauzal de producere. La originea oricărui act voluntar se află un impuls, o motivaţie mai mult sau mai puţin evidentă, mai veche sau mai recentă. Elaborarea unei comenzi voluntare nu este opera unei anumite structuri cerebrale ci a întregului creier. Un rol deosebit în activitatea voluntară îl joacă lobul prefrontal, ca sediu de integrare superioară a personalităţii şi comportamentului social al individului. Voinţa înseamnă, în acelaşi timp, puterea de a lua decizii dar şi perseverenţa în a le duce la îndeplinire. Un exemplu al modului complex de elaborare a unui act voliţional îl reprezintă mecanismul de iniţiere a comenzii voluntare motorii.

Elaborarea comenzii motorii voluntare

Întreaga activitate motorie viscerală, ca şi motilitatea somatică automată (tonusul, postura, echilibrul şi redresarea) au loc prin mecanisme reflexe a căror cauză este uşor de precizat. Altfel se prezintă lucrurile cu motilitatea voluntară. Execut o anumită mişcare pentru că „eu vreau". Dar unde este sediul acelui „eu" şi din ce cauză „vreau"? Date experimentale şi cercetări clinice arată că scoarţa motorie precentrală (aria 4) nu este sediul elaborării comenzii voluntare, ci ea reprezintă structura motorie care pune în aplicare comanda. Excitarea, la om sau animal, a unor puncte din cortexul motor, nu duce la activităţi motorii organizate, potrivit unui scop anume, ci doar la contracţii musculare izolate sau mişcări la nivelul unei anumite articulaţii. Elaborarea planului unei anumite activităţi motorii orientate spre un anumit scop este opera a numeroase structuri nervoase corticale şi subcorticale. Comanda voluntară motorie ia naştere în centrii corticali şi subcorticali implicaţi în motivaţie. Aceştia operează atît în baza unor reflexe înnăscute (instincte), cît şi a informaţiilor recente (sosite de la receptori), sau mai vechi (aflate în memoria individului). Aici se naşte impulsul pentru o anumită activitate motorie. Spre exemplu, la auzul unui cîntec, se naşte dorinţa de a dansa. Aceste intenţii motorii primare sînt transmise ariilor corticale de asociaţie care elaborează planul general al mişcării (deplasarea pentru invitarea partenerei (lui), alegerea pasu-

lui de dans etc.). Planul mişcării este transmis, apoi simultan, spre cerebel şi nucleii bazali; cerebelul compară această schemă teoretică de mişcare cu informaţiile pe care le primeşte de la proprioceptori, asupra mişcării reale executate şi efectuează corecţiile necesare. Deciziile cerebelului sînt transmise cortexului motor, prin intermediul talamusului. La rîndul lor, nucleii bazali, ajungînd în posesia planului mişcării, trimit impulsuri în două direcţii:

— spre structurile motorii din trunchiul cerebral, determinînd activităţi tonice şi posturale adecvate executării mişcării voluntare;

— spre cortexul motor, tot prin releu talamic, contribuind la elaborarea programului concret al mişcării (repartiţia exactă a sarcinilor motorii ale fiecărui muşchi, precizarea ordinei de intrare în activitate, gradarea forţei de contracţie, inhibarea muşchilor antagonişti etc.). Cortexul motor, pe baza aferenţelor primite de la nucleii bazali, cerebel şi talamus, pune în aplicare programul concret al mişcării, trimiţînd pe căile piramidale ordine spre neuronii motori din coarnele anterioare ale măduvei spinării.

Toate aceste operaţiuni de elaborare a comenzii voluntare durează cîteva zecimi de secundă.

Activităţi cerebrale afective

Sistemele cibernetice de reglaj nervos sînt întărite cu ajutorul proceselor afectiv — emoţionale. Deşi nu se poate vorbi de un sediu exact al proceselor afective, structurile mai importante care participă la geneza lor sînt sistemul limbic şi hipotalamusul. Se consideră că emisfera dominantă (stînga, la dreptaci) este emisfera predominant cognitivă iar cealaltă, predominant afectivă. Asimetria de funcţii emisferice este o realitate; totuşi, nu se pot separa schematic funcţii de o aşa mare complexitate. În activitatea nervoasă superioară participă tot creierul iar rezultatele ei, bune sau rele, depind, în egală măsură, atît de funcţia scoarţei cerebrale, cît şi de a zonelor subcorticale.

La baza proceselor afective se află impulsurile fundamentale (instinctele) care generează motivaţia. De altfel, motivaţia şi impulsul instinctiv pot fi considerate ca sinonime. Ele reprezintă o cauzalitate primordială care marchează puternic celelalte activităţi cerebrale.

XIII. SISTEMUL NERVOS VEGETATIV (ANATOMIE)

Centri nervoşi situaţi intranevraxial şi extranevraxial, aflaţi în relaţie cu organele vegetative a căror activitate o controlează, formează sistemul nervos vegetativ. În cadrul sistemului nervos vegetativ deosebim, structural şi funcţional, un sistem nervos simpatic şi unul parasimpatic. Cele mai multe organe primesc o inervaţie vegetativă dublă şi antagonică. În alte organe simpaticul şi parasimpaticul exercită efecte de acelaşi tip, dar aceste efecte sînt diferite cantitativ şi calitativ. Există, de asemenea, organe asupra cărora numai unul din sisteme are efect.

La baza activităţii sistemului nervos vegetativ stă reflexul, care se desfăşoară pe baza arcului reflex vegetativ. Calea aferentă a arcului reflex vegetativ este asemănătoare cu cea de la arcul reflex somatic. Neuronul viscero-aferent îşi are originea în ganglionii spinali sau în ganglionii cerebrali extranevraxiali. Dendrita lor ajunge la receptorii din organe sau vase (baroreceptori, presoreceptori, chemoreceptori) iar axonul pătrunde în nevrax intrînd în legătură cu centrul vegetativ (simpatic sau parasimpatic). Calea eferentă a reflexului vegetativ se deosebeşte funda-

mental de cea de la reflexul somatic datorită existenței unui ganglion vegetativ (latero-vertebral în cazul sistemului simpatic sau juxta-visceral şi intramural în cazul sistemului parasimpatic) unde are loc sinapsa între axonul neuronului vegetativ preganglionar — prevăzut cu teacă de mielină şi neuronul vegetativ postganglionar al cărui axon nu are teacă de mielină. Axonul neuronului postganglionar formează fibra postganglionară (amielinică) care ajunge la organul efector vegetativ (muşchi neted sau glandă).

Sistemul nervos vegetativ formează la nivelul diferitelor viscere, plexuri vegetative mixte — simpatico-parasimpatice. Aceste plexuri sînt situate la cap şi gît (plex ciliar, plex faringian, plex laringian, tiroidian, paratiroidian), în torace (plex cardiac, bronhopulmonar, esofagian), în abdomen (plex celiac, plex lomboaortic) şi în pelvis (plex hipogastric).

Centrii sistemului nervos vegetativ

— Centrii sistemului simpatic se află în coarnele laterale ale măduvei C_8, T_1—T_{12} şi L_1—L_2 — deci în măduva cervicală inferioară, toracală şi lombară superioară.

— Centrii sistemului parasimpatic sînt situaţi în nucleii parasimpatici din trunchiul cerebral, cît şi în măduva sacrală S_2—S_4 unde se descrie nucleul parasimpatic pelvin.

Nucleii parasimpatici din trunchiul cerebral sînt:

— Nucleul autonom al nervului III (oculomotor), situat în mezencefal. Fibrele parasimpatice preganglionare din acest nucleu, intră în nervul III (oculomotor) şi apoi îl părăsesc îndreptîndu-se spre ganglionul ciliar unde fac sinapsa cu fibrele postganglionare care ajung la muşchiul sfincter al pupilei şi la muşchiul ciliar.

— Nucleul lacrimal din punte îşi trimite fibrele parasimpatice preganglionare în nervul VII, pe care apoi îl părăsesc îndreptîndu-se spre ganglionul pterigo-palatin unde fac sinapsa cu fibrele postganglionare care ajung la glanda lacrimală, glandele mucoasei nazale şi palatine.

— Nucleul salivator superior se găseşte în punte, imediat sub precedentul. Fibrele preganglionare pătrund, de asemenea, în nervul VII, pe care apoi îl părăsesc pentru a face sinapsa cu fibrele postganglionare, în ganglionul submandibular. Fibrele postganglionare asigură inervaţia secretorie a glandelor submandibulară şi sublinguală.

— Nucleul salivator inferior se află în bulb. Fibrele preganglionare pătrund în nervul IX după care îl părăsesc îndreptîndu-se spre ganglionul otic făcînd sinapsa cu fibrele postganglionare care se distribuie la glanda parotidă.

— Nucleul dorsal al vagului (cardio-pneumo-enteric) este situat în bulb, sub nucleul salivator inferior. Fibrele preganglionare pătrund în nervul vag, apoi îl părăsesc făcînd sinapsă în diferiţi ganglioni cu fibrele postganglionare care se distribuie la aparatul cardiovascular, respirator, esofag, stomac, intestin subţire, cec, colon ascendent şi colon transvers. Sinapsa între fibrele pre- şi postganglionare se face în plexul cardiac pentru aparatul cardiovasculator, în plexul bronhopulmonar, pentru aparatul respirator şi în plexurile submucos şi mienteric pentru tubul digestiv.

Parasimpaticul pelvin îşi are originea în măduva sacrală (S_2—S_4) de unde pleacă fibrele preganglionare care intră în nervii pelvici. Aceste fibre fac sinapsa cu fibrele postganglionare care se distribuie la colonul descendent, sigmoid, rect, la aparatul excretor şi la organele genitale interne.

Căile sistemului nervos vegetativ

— Simpaticul își are căile lui proprii, reprezentate de lanțurile simpatice paravertebrale (laterovertebrale).

— Parasimpaticul cranian împrumută calea unor nervi cranieni — III, VII, IX, X — iar parasimpaticul sacral, calea nervilor pelvici.

Lanțurile simpatice paravertebrale (laterovertebrale) sînt două lanțuri de ganglioni situați de-o parte și de alta a coloanei vertebrale și legați între ei prin ramuri internodale, care merg de la un ganglion la altul. Ganglionii laterovertebrali sînt legați și cu nervii spinali prin ramuri comunicante. Prin ramura comunicantă albă trece fibra preganglionară iar prin ramura comunicantă cenușie, fibra postganglionară.

La nivelul ganglionilor paravertebrali (laterovertebrali) are loc sinapsa între fibra simpatică preganglionară și cea postganglionară care ajunge la nivelul diferitelor organe.

În regiunea cervicală, lanțul simpatic prezintă trei ganglioni: superior, mijlociu și inferior. Cel mai adesea ganglionul inferior este unit cu primul ganglion toracal, rezultînd ganglionul stelat. Fibrele postganglionare de la nivelul acestor 3 ganglioni merg la viscerele de la cap și gît (corpul ciliar, glandele salivare, laringe, faringe, tiroidă, paratiroidă) și în torace (cei 3 nervi cardiaci cîte unul din cei 3 ganglioni cervicali).

În regiunea toracală sînt 12 ganglioni laterovertebrali. Fibrele postganglionare de la primii patru ganglioni toracali (T_1—T_4) se distribuie la trahee, bronhii, plămîni, esofag, aortă. De la ganglionii T_5—T_9 pleacă nervul marele splanhnic, iar de la T_{10}—T_{12}, micul splanhnic. Ambii nervi conțin însă fibre preganglionare și după ce străbat diafragma sfîrșesc în plexul celiac din abdomen. Fibrele simpatice aduse prin cei 2 splanhnici se distribuie la organele din abdomen (tubul digestiv și glandele anexe). În regiunea lombară și sacrală sînt cîte 4 ganglioni. Fibrele postganglionare ajung la organele aparatului excretor și la organele genitale.

Locul sinapsei între fibra preglanglionară și fibra postganglionară

În cazul sistemului simpatic, sinapsa între fibra pre- și postganglionară are loc în ganglionii laterovertebrali, aparținînd lanțurilor paravertebrale. Deoarece acești ganglioni sînt foarte aproape de măduvă, fibra preganglionară este scurtă în timp ce fibra postganglionară este lungă.

În cazul sistemului parasimpatic, sinapsa între fibra preganglionară se face în ganglionii juxtaviscerali (aproape de viscer) sau intramurali (aflați chiar în peretele organului) cum sînt plexurile submucos și mienteric din pereții tubului digestiv.

În cazul parasimpaticului, fibra preganglionară este lungă, în timp ce fibra postganglionară este scurtă, fiind foarte aproape de organul respectiv.

Mediatorii chimici

La ambele sisteme, între fibra preganglionară și cea postganglionară se eliberează același mediator chimic: acetilcolina. La sistemul simpatic, la capătul periferic al fibrei postganglionare, acolo unde aceasta ia contact cu organul efector se eliberează noradrenalina, iar în cazul parasimpaticului, la capătul periferic al fibrei postganglionare, unde aceasta ia contact cu organul efector, se eliberează tot acetilcolină.

XIV. FIZIOLOGIA SISTEMULUI NERVOS VEGETATIV

Sistemul nervos vegetativ (SNV) reprezintă acea componentă a sistemului nervos care reglează funcțiile organelor interne, despre a căror activitate nu sîntem conștienți în mod obișnuit. Centri vegetativi pot fi localizați atît în SNC cît și la periferie. Centrii vegetativi periferici exercită un control local al funcțiilor, iar centrii situați în nevrax, un control global. Centri vegetativi se clasifică în simpatici și parasimpatici.

Mecanismul fundamental de activitate al SNV este tot reflexul, dar cu unele particularități. Reflexele vegetative sînt inițiate preponderent prin excitarea interoceptorilor, sînt polisinaptice, iar calea eferentă este formată din doi neuroni: un neuron preganglionar, situat în SNC, și un neuron postganglionar, situat la periferie, într-un ganglion vegetativ.

În cazul SNV simpatic, sinapsa dintre acești doi neuroni eferenți are loc într-un ganglion vegetativ situat la distanță de organul inervat, în timp ce la SNV parasimpatic, sinapsa are sediul în organismul inervat. Fiecare organ are o dublă inervație, simpatică și parasimpatică, cu efecte antagonice asupra funcției sale. Organele a căror funcție este stimulată de simpatic, sînt inhibate de parasimpatic, și invers. Acțiunile nervilor vegetativi sînt mediate chimic de substanțe eliberate la nivelul terminațiilor din organe.

Mediatorul chimic al simpaticului este noradrenalina și în mai mică măsură adrenalina, iar al parasimpaticului este acetilcolina. Mediatorii chimici produc efecte identice cu ale excitării sistemului vegetativ corespunzător.

Efectele stimulării simpaticului

1. Asupra globului ocular:

— dilată pupila (midriază) prin contracția mușchilor netezi radiari ai irisului;

— relaxează mușchii circulari ai irisului;

— relaxează mușchii ciliari în cazul vederii la distanță, fără acomodare;

— reduce irigarea glandelor lacrimale prin vasoconstricție.

2. Asupra aparatului cardiovascular produce tahicardie, creșterea contracțiilor inimii, creșterea debitului cardiac, vasoconstricția, în special a vaselor din tegument și teritoriul arterelor abdominale, mobilizarea sîngelui de rezervă, hipertensiune. Are efect dilatator asupra vaselor din creier, miocard și mușchii striați.

3. Asupra tubului digestiv produce inhibiția mișcărilor peristaltice și a tonusului organelor digestive, crește tonusul sfincterelor netede. Secrețiile digestive sînt stimulate sau inhibate. Stimulează reacția salivară vîscoasă. Inhibă secreția gastrică.

4. Asupra căilor respiratorii produce bronhodilatație.

5. Asupra tractului urinar, produce relaxarea peretelui vezicii și contracția sfincterului neted vezical intern.

La nivelul glandelor sudoripare determină creșterea secreției.

Stimulează catabolismul lipidelor și glicogenoliza, determinînd creșterea glicemiei. Are efecte lipolitice.

Prin efectele metabolice, simpaticul ajută procesele termogenetice, deci intervine în lupta contra frigului. Centrii simpatici superiori din diencefal reglează secreția glandei medulosuprarenale, contractă mușchii netezi erectori ai firului de păr.

Efectele stimulării parasimpaticului

1. Asupra globului ocular

— contractă mușchii circulari ai irisului, micșorînd pupila (mioză);

— contractă mușchii ciliari, favorizînd acomodarea cristalinului pentru vederea de aproape;

— stimulează secreția lacrimală și crește irigarea lor cu sînge prin vasodilatație.

2. Asupra aparatului cardiovascular, parasimpaticul determină bradicardie, reducerea inotropismului, scăderea debitului cardiac, vasodilatație, hipotensiune, coronaroconstricție.

3. Asupra tubului digestiv, parasimpaticul determină intensificarea peristaltismului, creșterea tonusului pereților, relaxarea sfincterelor, evacuarea stomacului, defecație. Activitatea secretorie a glandelor digestive este stimulată. Stimulează secreția salivară abundentă apoasă. Stimulează secreția exo- și endocrină a pancreasului. Stimulează secreția și excreția biliară.

4. Asupra căilor respiratorii produce bronhoconstricție.

5. Asupra căilor urinare, parasimpaticul are efect stimulator al peristaltismului ureteral și de evacuare a vezicii urinare. Contractă peretele vezicii și relaxează sfincterul uretral intern, provocînd micțiunea.

6. Stimulează procesele anabolice. Reduce consumul energetic.

7. Stimulează secreția sudorală. Hipotalamusul coordonează cele două inervații. Excitarea hipotalamusului anterior duce la creșterea tonusului parasimpatic, iar a celui posterior, la creșterea tonusului simpatic. Între reacțiile vegetative și activitatea psihosomatică a individului există o coordonare strînsă, realizată la nivelul scoarței cerebrale. Impresiile interoceptive de la nivelul viscerelor pot modifica tonusul funcțional cortical, iar actele psihice emoționale sau activitatea motorie voluntară sînt însoțite de modificări corespunzătoare, în activitatea aparatului cardiovascular, digestiv etc., reprezentînd expresia vegetativă a emoțiilor.

XV. ANALIZATORII (ANATOMIE)

Analizatorii sînt sisteme morfofuncționale prin intermediul cărora, la nivel cortical, se realizează analiza cantitativă și calitativă a excitațiilor din mediul extern și intern, care acționează asupra receptorilor. Excitațiile propagate pe căile senzitive, determină în ariile corticale senzoriale, formarea de senzații.

Fiecare analizator este alcătuit din 3 segmente.

Segmentul periferic (receptorul) este o formațiune specializată în lungul proces de evoluție filogenetică. Receptorii pot percepe o anumită formă de energie din mediul extern sau intern, sub formă de excitații.

Există trei categorii de receptori, după locul de unde preiau excitațiile:

— exteroreceptori, în raport cu mediul extern;

— proprioreceptori sau receptori profunzi ai aparatului locomotor;

— intereceptori, situații în vase și organe interne.

După natura excitanților se descriu: mecanoreceptori, termoreceptori, fotoreceptori, fonoreceptori, chemoreceptori, osmoreceptori.

După distanța de la care acționează excitanții se disting:

— receptori de contact (receptori tactili spre exemplu);

— receptori de la distanță — telereceptori (de exemplu, receptorul auditiv).

Segmentul intermediar (de conducere) este format din căile nervoase prin care influxul nervos ce conduce excitațiile este transmis la scoarța cerebrală. Căile ascendente sînt directe și indirecte. Pe calea directă, cu sinapse puține, impulsurile sînt conduse rapid și proiectate într-o arie corticală specifică fiecărui analizator, iar pe calea indirectă (sistemul reticulat ascendent activator) impulsurile sînt conduse lent și proiectate cortical, în mod difuz și nespecific.

Segmentul central este reprezentat de aria din scoarța cerebrală la care ajunge calea de conducere și la nivelul căreia excitațiile sînt transformate în senzații specifice.

1. ANALIZATORUL CUTANAT

Receptorii tactili, termici, dureroși, de presiune și vibratorii se găsesc în piele.

Pielea sau tegumentul constituie acoperămîntul protector și sensibil al organismului și se continuă la nivelul orificiilor naturale ale organismului cu mucoasele. Este alcătuită de la suprafața spre profunzime din trei straturi: epidermul în contact direct cu mediul extern, dermul și hipodermul sau țesutul subcutanat.

Epidermul este un epiteliu pluristratificat keratinizat. Profund prezintă pătura germinativă, iar superficial pătura cornoasă.

Pătura germinativă are în structura sa două straturi:

— Stratul bazal, situat pe o membrană bazală care-l desparte de derm este format dintr-un singur rînd de celule cilindrice.

— Stratul spinos este format din 6—20 rînduri de celule poliedrice care trimit unele spre celelalte prelungiri în formă de spini.

Procesul de keratinizare sau transformare cornoasă începe chiar în regiunile superficiale ale acestui strat.

Pătura germinativă se caracterizează prin faptul că celulele ei se divid activ, asigurînd reînnoirea straturilor superficiale, justificînd astfel denumirea. În plus cele două straturi ale păturii germinative conțin pigment melanic care este produs de celule speciale numite melanocite, localizate în derm.

Pătura cornoasă este alcătuită din 3 straturi, cu structură pluristratificată.

— Stratul granular este format din celule turtite care conțin granulații de keratină; nucleii se fragmentează. La nivelul acestui strat celulele epidermului încep să moară.

— Stratul lucid este format din celule turtite, clare, cu nucleu degenerat, cu multe granulații de keratină în citoplasmă;

— Stratul cornos conține celule foarte turtite, citoplasma lor este încărcată cu keratină, nucleii dispăruți. Metabolismul acestor celule a încetat. Legăturile dintre celule slăbesc și ele se desprind de la suprafața pielii. Celulele cornoase superficiale constituie stratul descuamativ și sînt continuu înlocuite de celule provenite din straturile profunde ale epidermului.

În epiderm nu pătrund vase, el fiind hrănit prin osmoză din lichidul intercelular. Epidermul conține, însă, terminații nervoase libere.

Dermul. Este o pătură conjunctivă densă în care se găsesc vase de sînge și limfatice, terminații nervoase și anexele cutanate.

Este format dintr-un strat spre epiderm numit stratul papilar și un strat spre hipoderm numit stratul reticular.

În stratul papilar se află papilele dermice care sînt niște ridicături tronconice. Pe suprafața degetelor, în palmă și talpa piciorului, papilele sînt mai proeminente și formează niște proeminențe numite creste papilare a căror întipărire dă amprentele, cu importanță în medicina legală.

Stratul reticular este format din țesut conjunctiv dens, fibre și fascicule groase. Elementele celulare sînt relativ rare.

Hipodermul este considerat de unii autori drept strat profund al dermului. Hipodermul este alcătuit din țesut conjunctiv lax cu

un număr variabil de celule adipoase. Cînd celulele adipoase sînt abundente constituie paniculi adipoși.

În hipoderm găsim bulbii foliculari piloși, glomerulii glandelor sudoripare și corpusculii Vater-Pacini.

Receptorii cutanați

În piele există terminații libere și încapsulate (fig. 79).

Terminațiile libere sînt arborizații dendritice ale neuronilor senzitivi din ganglionii spinali, distribuite printre celulele epidermului.

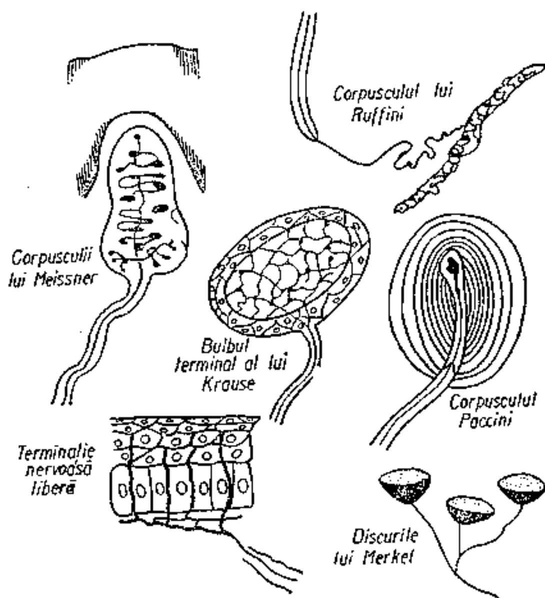


Fig. 79. Receptorii cutanați.

La om au fost descrise două varietăți morfologice de terminații nervoase intraepidermice: rețeaua intraepidermică și expansiunile iederiforme.

— *Rețeaua intraepidermică* este formată din fibre amielinice, situate în profunzimea epidermului, din care se desprind expansiuni nervoase ce se termină la suprafața celulelor sub forma unor butoni. *Expansiunile iederiforme* (discurile tactile Merckel) sînt reprezentate prin fibre mielinice provenite din plexul nevos din derm, care se termină sub forma unui coșuleț în jurul unor celule epiteliale, clare. Rețeaua intraepidermică recepționează excitațiile dureroase iar discurile tactile Merckel, stimuli tactili.

— *Terminațiile incapsulate*. Expansiunile nervoase incapsulate, denumite corpusculi senzitivi, sînt localizate în derm și hipoderm și cuprind în structura lor o capsulă și o porțiune axială. Capsula, de natură conjunctivă, este formată din mai multe lame concentrice. Porțiunea axială este reprezentată de una sau mai multe fibre nervoase amielinice. După structura lor se deosebesc corpusculi lamelari și nelamelari în formă de bulb sau helicoidală. În hipoderm se găsesc *corpusculi lamelari* — unii pentru sensibilitatea tactilă — corpusculii Vater Pacini și corpusculii Golgi-Mazzoni.

În derm se găsesc *corpusculi nelamelari*, adaptați pentru sensibilitatea tactilă — corpusculii *Meissner*.

Corpusculii Meissner sînt localizați în derm și au formă ovoidală. Sînt formați dintr-o capsulă ce învelește o parte centrală. Centrul corpusculului cuprinde celule și fibre nervoase. Fibrele nervoase sînt mielinice și amielinice și provin din plexul dermal. După intrarea în corpuscul toate devin amielinice, se ramifică printre celulele axului central formînd rețele ce se termină în buchet sau butoni, pe celule cu care fac sinapsa.

Corpusculii Krause sînt localizați, de asemenea, în derm. Au o formă sferoidală. La exterior prezintă o cap-

sulă sub care se află substanța centrală care conține o fibră nervoasă ramificată terminată în rețea. Această fibră nervoasă e înconjurată de 1—2 straturi de celule turtite.

Corpusculii Vater Pacini sînt corpusculii lamelari, foarte voluminoși (pot fi văzuți cu ochiul liber), localizați în special în hipodermul palmelor și plantelor, precum și în jurul cavităților articulare, la nivelul tendoanelor și periostului. Capsula periferică este constituită din numeroase lamele (20—60) dispuse concentric. Fibra nervoasă după intrarea în corpuscul, pierde teaca de mielină, străbate porțiunea centrală a corpusculului și se termină printr-o umflătură în contact cu celulele lamelare centrale.

Corpusculii Golgi-Mazzoni sînt o varietate a corpusculilor Vater Pacini, avînd dimensiuni mai mici, fiind localizați în special în hipodermul pulpei degetelor.

Corpusculii Ruffini sînt localizați, de asemenea, în hipoderm dar și în dermul profund. Capsula lor este alcătuită din 4—5 lamele concentrice, constituite din celule turtite. Fibra nervoasă se găsește în centrul țesutului conjunctiv și se divide formînd numeroase prelungiri terminate în butoni.

2. ANALIZATORUL KINESTEZIC

Receptorii analizatorului kinestezic, numiți proprioreceptori, sînt situați în mușchi, tendoane, articulații, periost, ligamente.

Receptorii kinestezici din periost și articulații sînt *corpusculii Vater-Pacini,* identici cu cei din piele. Sînt sensibili la mișcări și modificări de presiune.

Corpusculii neurotendinoși Golgi sînt situați la joncțiunea mușchi-tendon. Un corpuscul Golgi este alcătuit din mai multe fascicule tendinoase, formate din fibre puțin dense, scurte și celule tendinoase mari și numeroase. Fasciculele sînt înconjurate de o capsulă subțire conjunctivă, căptușită de celule capsulare. În corpuscul pătrund 1—3 fibre mielinice care, la intrare, pierd teaca de mielină și se termină în formă de disc ce îmbracă fasciculele tendinoase. Terminațiile nervoase sînt excitate de întinderea puternică a tendonului.

Corpusculii Rufini sînt situați în stratul superficial al capsulei articulare și recepționează informații în legătură cu poziția și mișcările din articulații.

Terminațiile nervoase libere se ramifică în toată grosimea capsulei articulare și transmit sensibilitatea dureroasă articulară, cauzată de amplitudinea excesivă a mișcării.

Fusurile neuromusculare sînt diseminate printre fibrele musculare striate, față de care se află în paralel. Sînt excitate de tensiunea dezvoltată în timpul contracției musculare. Fusurile neuromusculare sînt formate din 5—10 fibre musculare modificate numite fibre intrafuzoriale, conținute într-o capsulă conjunctivă. Fibrele musculare intrafuzoriale sînt de 2 tipuri: fibre cu sac nuclear și fibre cu lanț nuclear. Fibrele cu sac nuclear sînt lungi și groase și prezintă 2 aspecte diferite: spre polii fibrei, în zonele polare, striațiunile se păstrează iar nucleii se află în șir central. Porțiunea centrală a fibrei (zona ecuatorială) este mult dilatată, fără striațiuni, necontractilă și conține 40—50 nuclei.

Fibrele cu lanț nuclear, subțiri și scurte, au calibru uniform, păstrează striațiunile iar nucleii sînt așezați în șir pe toată lungimea lor. Conțin miofibrile mai puțin numeroase.

Fusurile au inervație senzitivă și motorie.

a. Inervația senzitivă este asigurată de dendrite ale neuronilor senzitivi din ganglionul spinal. Unele dintre

aceste terminații dendritice se numesc anulospirale și se rulează în jurul ecuatorului fibrelor cu sac nuclear, altele numite „în floare" se termină pe ecuatorul fibrelor cu lanț nuclear.

b. Inervația motorie este asigurată de axonii neuronilor γ (gama) din cornul anterior al măduvei.

Asupra neuronilor gama acționează trei sisteme: corticospinal, vestibulospinal și reticulospinal. Excitarea neuronului gama activează zonele polare ale fibrelor intrafuzoriale, care prin contracție excită receptorul situat în porțiunea ecuatorială a fibrelor intrafuzoriale.

Impulsurile aferente de la proprioceptori sînt conduse prin două căi:

a. pentru sensibilitatea Kinestezică (simțul poziției și al mișcării în spațiu), prin fasciculele spinobulbare. Receptorii acestor căi sînt corpusculii Golgi, Rufini, Pacini și terminațiile nervoase libere.

b. pentru sensibilitatea proprioceptivă de control a mișcării (simțul tonusului muscular), prin fasciculele spinocerebeloase ventral și dorsal. Receptorii acestei căi sînt fusurile neuromusculare.

3. ANALIZATORUL OLFACTIV

Receptorii analizatorului olfactiv sînt chemoreceptori care ocupă partea postero-superioară a foselor nazale. Epiteliul mucoasei olfactive este format din celule de susținere, celule bazale (cu înălțime mică) și celule senzitive bipolare. Celulele senzitive bipolare reprezintă în același timp receptorul și I neuron. Ele au dendrita orientată printre celulele de susținere și se termină cu o veziculă prevăzută cu cili. Cilii au o mare densitate — 10 000/mm². Ei măresc suprafața receptoare a veziculelor care sînt adevărate traductoare fiziochimice cu rol în codificarea mesajului olfactiv. Axonii celulelor bipolare formează nervii olfactivi (10—20) care străbat lama ciuruită a etmoidului și se termină în bulb, făcînd sinapsa cu neuronii mitrali multipolari de la nivelul bulbului olfactiv. Această sinapsă este de tip glomerular. Neuronii mitrali din bulbul olfactiv reprezintă cel de-al II-lea neuron al căii olfactive. Axonii lor formează tractul olfactiv care se termină prin trigonul olfactiv de la care pleacă stria olfactivă medială și laterală, delimitînd substanța perforată anterioară. Axonii celui de al II-lea neuron ajung la cortexul olfactiv primar (substanța perforată anterioară și nucleii septului pelucid). Prelungirile neuronilor din cortexul olfactiv primar se termină în aria entorinală care constituie cortexul olfactiv secundar. Calea olfactivă este singura cale senzorială care nu are legături directe cu talamusul.

4. ANALIZATORUL GUSTATIV

Receptorii analizatorului gustativ sînt chemoreceptori, reprezentați de mugurii gustativi, situați la nivelul papilelor gustative.

Mugurii gustativi sînt formațiuni ovoidale formate din celule de susținere și celule senzoriale care sînt în număr de 5—20 pentru fiecare mugur gustativ (fig. 80). La po-

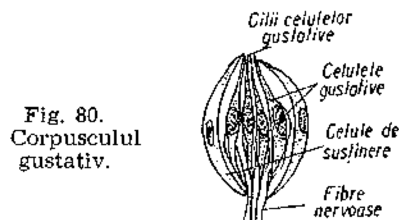


Fig. 80. Corpusculul gustativ.

lul apical al celulelor senzoriale se găsește cîte un microvil, care pătrunde în porul gustativ al mugurelui. La polul bazal al celulelor gustative sosesc terminații nervoase ale nervului facial, glosofaringian și vag. Nervul facial, printr-o ramură a sa, coarda timpanului, preia excitațiile gustative de la corpul limbii, nervul glosofaringian, excitațiile de la rădăcina limbii, iar nervul vag, excitațiile din regiunea valeculelor (două depresiuni situate între rădăcina limbii și epiglotă).

Protoneuronul căii gustative se află în cazul nervului facial la nivelul ganglionului geniculat, iar la nervii glosofaringian și vag, la nivelul ganglionului inferior.

Axonul primului neuron ajunge la nucleul solitar din bulb unde se află cel de-al II-lea neuron al căii gustative. Axonul celui de-al II-lea neuron se încrucișează și ajunge la talamus, unde se află cel de-al III-lea neuron. Axonul acestuia se proiectează în aria gustativă (cîmpul 43), plasată în partea inferioară a girului postcentral.

5. ANALIZATORUL VIZUAL

Analizatorul vizual este constituit din retină la nivelul căreia se găsesc receptori sensibili pentru radiațiile luminoase, căile de transmitere și zonele de proiecție corticală unde se face analiza și sinteza informațiilor.

Globul ocular, de formă aproximativ sferică, este situat în orbită. Între globul ocular și peretele osos al orbitei se află o capsulă adipoasă în care se găsesc mușchii extrinseci (striați) ai globilor oculari. Globul ocular este format din trei tunici concentrice și din medii refringente (fig. 81).

Tunica externă este fibroasă și formată din 2 porțiuni inegale: posterior se află sclerotica și anterior, corneea. Între sclerotică și cornee se află șanțul sclerocorneean, în profunzimea căruia se află canalul lui Schlemm prin care trece umoarea apoasă spre venele sclerei, unde se va resorbi.

Corneea este plasată în partea anterioară și este mai puțin întinsă față de sclerotică. Este transparentă, neavînd vase de sînge, dar are în structura sa fibre nervoase.

Sclerotica — tunică opacă, reprezintă 5/6 a tunicii fibroase. Pe sclerotică se inseră mușchii extrinseci ai globului ocular. Ea prezintă orificii pentru vasele sangvine și limfatice, iar la nivelul polului posterior este perforată de fibrele nervului optic (lama ciuruită a sclerei). Sclerotica este constituită din țesut conjunctiv dens. Pe fața ei internă, zona de tranziție spre coroidă, conține celule pigmentare (lamina fusca).

Tunica medie, vasculară, este situată înăuntrul tunicii externe, fibroase și prezintă trei segmente care, dinspre posterior spre anterior, sînt: coroida, corpul ciliar și irisul.

— Coroida se întinde posterior de ora seratta care reprezintă limita dintre coroidă și corpul ciliar. În partea sa posterioară, coroida este prevăzută cu un orificiu avînd diametrul de 1,5 mm, prin care iese nervul optic. Acest orificiu corespunde lamei ciuruite a sclerei.

— *Corpul ciliar* se află imediat înaintea orei seratta și prezintă, în structura sa, procesele ciliare și mușchiul ciliar.

Mușchiul ciliar este format din fibre musculare netede, unele radiare, altele circulare. Mușchiul ciliar are un rol important în procesele de acomodare, intervenind asupra cristalinului prin ligamentul suspensor (Zonula lui Zinn), care se inseră pe fața externă a capsulei cristalinului.

Procesele ciliare, în număr de 60—80, sînt alcătuite din aglomerări capilare; ele secretă umoarea apoasă.

— *Irisul* este o diafragmă în fața anterioară a cristalinului; în mijloc, prezintă un orificiu numit pupilă. Cu-

loarea, aspectul și structura irisului, variază de la un individ la altul. Din punct de vedere structural, irisul apare format din mai multe straturi care, dinspre partea anterioară spre partea posterioară, sînt:

1. epiteliul anterior, format dintr-un singur rînd de celule poligonale;

2. stroma irisului este bogată în celule pigmentare. Un număr mare de celule pigmentare realizează culoarea brună, în timp ce o cantitate mică de pigment determină culoarea albastră.

În stroma irisului, în jurul orificiului pupilar se găsesc fibre musculare netede orientate circular (sfincterul pupilei) și radiar (dilatatorul pupilei). Acești doi mușchi, împreună cu mușchiul ciliar, constituie musculatura intrinsecă a ochiului. Mușchiul sfincter este inervat de fibre parasimpatice provenite din nucleul autonom al nervului III, iar mușchiul dilatator, de fibre simpatice care provin din cornul lateral al măduvei C_8—T_2 (centrul iridodilatator).

3. Epiteliul posterior este format dintr-un singur rînd de celule, abundent încărcate cu pigment.

Irisul are rolul unei diafragme ce permite reglarea cantității de lumină ce sosește la retină.

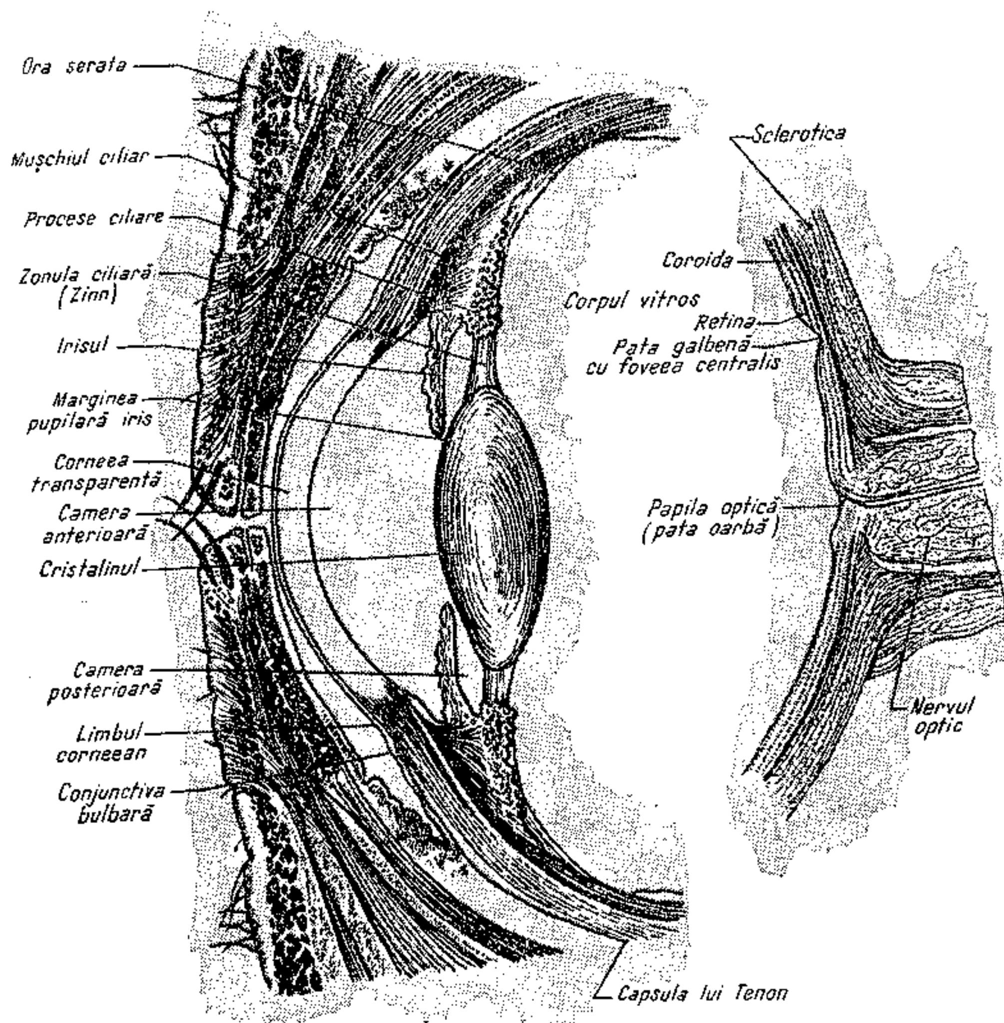


Fig. 81. Tunicile globului ocular.

Tunica internă este reprezentată de retină. Ea este membrana fotosensibilă, responsabilă de recepția și transformarea stimulilor luminoși în influx nervos. Din punct de vedere morfologic și funcțional i se disting două regiuni: retina vizuală sau partea optică și retina oarbă, fără rol în fotorecepție, numită și retina iridociliară, datorită raporturilor ei cu irisul și corpul ciliar.

Retina vizuală se întinde posterior de ora seratta și prezintă două regiuni importante.

— Pata galbenă (macula luteea), situată în dreptul axului vizual. La nivelul ei se găsesc mai multe conuri decît bastonașe. În centrul maculei luteea se află o adîncitură de 1,5 mm^2 — foveea centralis — în care se găsesc numai conuri.

— Pata oarbă (papila optică), situată medial și inferior de pata galbenă, reprezintă locul de ieșire a nervului optic din globul ocular și de intrare a arterelor globului ocular. În pata oarbă nu există elemente fotosensibile.

În structura retinei se descriu 10 straturi, în care se întîlnesc trei feluri de celule funcționale, aflate în relații sinaptice — celule fotoreceptoare, cu prelungiri în formă de con și de bastonaș, celulele bipolare și celulele multipolare.

În afară de acestea se mai găsesc celule de susținere și celule de asociație.

Cele 10 straturi dinspre coroidă spre interiorul globului ocular sînt: **1.** epiteliu pigmentar; **2.** stratul conurilor și bastonașelor, alcătuit din segmentele externe ale celulelor vizuale cu conuri și bastonașe; **3.** membrana limitantă externă; **4.** stratul granular extern care cuprinde corpul celulelor vizuale; **5.** stratul plexiform extern care reprezintă sinapsa dintre celulele vizuale și celulele bipolare; 6. stratul granular intern, format din corpul celulelor bipolare; **7.** stratul plexiform intern, realizat de sinapsele dintre celulele nervoase bipolare și celulele ganglionare; **8.** stratul ganglionar sau stratul celulelor multipolare; **9.** stratul fibrelor nervului optic, format din axonii celulelor multipolare; **10.** membrana limitantă internă.

Celulele cu bastonașe sînt celule nervoase modificate, în număr de circa 125 milioane. Sînt mai numeroase spre periferia retinei optice, în macula luteea numărul lor este mic iar în foveea centralis lipsesc. Bastonașele sînt adaptate pentru vederea nocturnă, la lumina slabă. Mai multe celule cu bastonașe fac sinapsă cu o celulă bipolară și mai multe celule bipolare fac sinapsă cu o celulă multipolară, deci la o celulă multipolară corespund circa 90—180 celule cu bastonașe.

Celulele cu conuri, de asemenea, celule nervoase modificate, în număr de 6—7 milioane, sînt mai numeroase în macula luteea; în foveea centralis există numai celule cu conuri. Fiecare celulă cu con face sinapsa cu o singură celulă bipolară, iar aceasta cu o singură celulă multipolară. Conurile sînt adaptate pentru vederea diurnă, colorată, la lumină intensă.

Mediile refringente sînt reprezentate de: corneea transparentă, umoarea apoasă, cristalinul și corpul vitros. Aceste medii au rolul de a refracta razele de lumină.

Cristalinul are forma unei lentile biconvexe, transparente, localizată între iris și corpul vitros. La periferie este învelit de o capsulă de natură elastică, numită cristaloida. Cristalinul este menținut la locul său printr-un sistem de fibre care alcătuiesc ligamentul suspensor sau zonula lui Zinn. Cristalinul nu conține vase sangvine, limfatice și nervi, nutriția sa făcîndu-se prin difuziune de la vasele proceselor ciliare.

Umoarea apoasă este un lichid incolor, ce se formează printr-o activitate secretorie a proceselor ciliare. Ea trece inițial în compartimentul posterior al camerei anterioare, delimitată între iris și cristalin, apoi prin pupilă trece în compartimentul anterior al camerei anterioare dintre iris

și cornee. De la acest nivel prin canalul lui Schlemm se resoarbe în venele sclerei.

Între cantitatea de umoare apoasă formată și cea resorbită în venele sclerei se menține un echilibru constant, cu o presiune intraoculară normală de 23 mm Hg. Cînd se produce o obstrucție în resorbția ei la nivelul venelor sclerei, presiunea intraoculară crește prin formarea continuă normală a umoarei apoase, dînd boala denumită glaucom.

Corpul vitros are o formă sferoidală, cu consistență gelatinoasă și este transparent. Ocupă camera posterioară, situată înapoia cristalinului. La exterior este învelit de o membrană numită hialoidă.

Mediile transparente ale ochiului au indice de refracție foarte apropiat. Razele de lumină pătrund prin corneea transparentă în interiorul globului ocular, unde sînt refractate conform legilor refracției, de către mediile refrigerente ale globului ocular, formîndu-se pe retină imaginea obiectului privit.

Deoarece sistemul optic al ochiului este un sistem convergent, se va obține o imagine reală, răsturnată și mai mică.

Anexele ochiului

Se împart în anexe de mișcare și anexe de protecție.

a) *Anexele de mișcare* sînt reprezentate de mușchii extrinseci ai globului ocular, care spre deosebire de cei intrinseci, sînt striați. Se descriu patru mușchi drepți și doi oblici. Mușchii drepți au, în ansamblu, formă de trunchi de con cu baza pe sclerotică și cu vîrful la nivelul unui inel fibros de la vîrful orbitei (mușchiul drept superior, inferior, intern și extern). Mușchii oblici se disting în superior și inferior. Ei își au originea pe peretele superior și inferior al orbitei.

Mișcările globilor oculari sînt conjugate prin conlucrarea bilaterală a unui număr de mușchi. Mișcarea de lateralitate se efectuează prin contracția dreptului extern de la un ochi, împreună cu dreptul intern al ochiului opus, mișcarea de convergență a ochilor se realizează prin contracția ambilor mușchi drepți interni, mișcarea în sus se realizează prin contracția mușchilor drepți superior și a celor oblici inferiori, mișcarea în jos, prin contracția drepților inferiori și a oblicilor superiori.

Nervul III inervează oblicul inferior și toți mușchii drepți exceptînd dreptul extern, nervul IV oblicul superior iar nervul VI, dreptul extern.

b) *Anexele de protecție* sînt: sprîncenele, pleoapele, conjunctiva și aparatul lacrimal.

Calea optică reprezintă segmentul intermediar al analizatorului vizual. Receptorii căii optice sînt celulele fotosensibile cu conuri și bastonașe. Primul neuron se află la nivelul celulelor bipolare din stratul 6 al retinei vizuale iar al doilea neuron este situat în stratul 8 al retinei — fiind reprezentat de celulele multipolare. Axonii neuronilor multipolari proveniți din cîmpul intern al retinei (cîmpul nazal) se încrucișează formînd chiasma optică, după care ajunge în tractul optic opus. Axonii proveniți din cîmpul extern al retinei (cîmpul temporal) nu se încrucișează și trec în tractul optic de aceeași parte. Nervul optic conține fibre de la un singur glob ocular în timp ce tractul optic conține fibre de la ambii ochi.

Tractul optic ajunge la metatalamus (la corpul geniculat extern) unde 75—80% din fibrele tractului optic fac sinapsă cu cel de al III-lea neuron al cărui axon se propagă spre scoarța cerebrală și se termină în lobul occipital, în jurul scizurii calcarine (cîmpurile 17, 18, 19) unde se află aria vizuală care reprezintă segmentul cortical al analizatorului. Alte fibre ale tractului optic nu fac sinapsa în corpul geniculat extern ci merg spre coliculul superior. De la acest nivel unele fibre merg spre nucleul

autonom al nervului III de unde pornesc fibre parasimpatice care vor ajunge la mușchiul sfincter al pupilei (mioza), altele coboară în cornul lateral al măduvei C_8—T_2 de unde pornesc fibre simpatice care vor ajunge la dilatatorul pupilei (midriaza).

ANALIZATORUL ACUSTICO-VESTIBULAR

Analizatorul acustic (pentru auz) și analizatorul vestibular (pentru poziția corpului în repaos și mișcare) sînt situați în urechea internă. Fiecare din ele au cîte un nerv pentru a conduce excitațiile: nervul acustic (cohlear) și respectiv nervul vestibular. Pe traiectul nervului cohlear se află ganglionul spiral Corti iar pe traiectul nervului vestibular se află ganglionul vestibular Scarpa. Cei doi nervi se unesc și formează perechea VIII de nervi cranieni. Nervul stato-acustic (vestibulo-cohlear) se îndreaptă spre trunchiul cerebral, pătrunzînd în trunchi prin șanțul bulbopontin.

Perfecționarea aparatului acustic a determinat dezvoltarea unor anexe importante: urechea externă și medie, care nu au nici o relație cu aparatul vestibular.

Urechea externă cuprinde: pavilionul și conductul auditiv extern (fig. 82).

Urechea medie sau casa timpanului este o cavitate pneumatică săpată în stînca temporalului, fiind tapetată de o mucoasă care se continuă anterior, prin intermediul trompei, cu mucoasa rinofaringelui și posterior cu mucoasa cavităților mastoidiene. Mucoasa tapetează și cele 3 oscioare ale auzului. Membrana timpanică, situată la limita dintre casa timpanului și conductul auditiv extern,

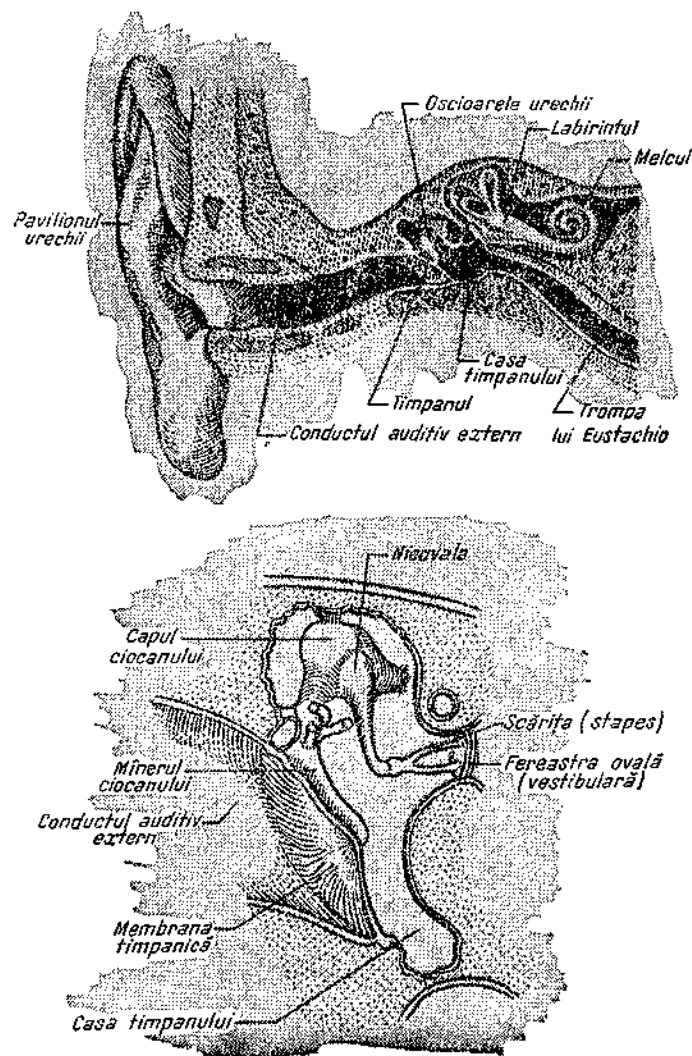


Fig. 82. Structura urechii.

se prinde pe osul timpanal care are formă de inel deschis în sus.

Membrana timpanului este de natură conjunctivă şi este tapetată pe faţa sa externă de tegument iar pe cea internă de mucoasa casei timpanului. Grosimea timpanului este de 0,1 mm. La vibraţii prea puternice membrana timpanului se poate sparge.

Urechea medie conţine în interiorul său un lanţ articulat de oscioare care o traversează de la membrana timpanică spre fereastra ovală: ciocanul, nicovala şi scăriţa.

Ciocanul se inseră pe membrana timpanică prin intermediul unei apofize lungi numită mînerul ciocanului. Capul ciocanului se articulează cu corpul nicovalei. Nicovala se articulează, în continuare, cu corpul scăriţei. Scăriţa se articulează pe de o parte cu nicovala iar prin talpa ei, situată la baza scăriţei, acoperă fereastra ovală.

La nivelul timpanului se descrie muşchiul tensor al timpanului (inervat de trigemen) iar la nivelul scăriţei, muşchiul scăriţei (inervat de facial). Muşchii au rol protector, amortizînd vibraţiile cu frecvenţă prea mare, care ar putea fi nocive.

Urechea internă este formată dintr-un sistem de încăperi numite labirint osos, săpate în stînca temporalului. În interiorul labirintului osos se află un sistem de camere membranoase care alcătuiesc labirintul membranos. Între labirintul osos şi cel membranos se află perilimfa, iar în interiorul celui membranos, endolimfa.

Labirintul osos este format din vestibul osos, canale semicirculare osoase şi melc osos numit şi cohlee osoasă.

Vestibulul osos este o cavitate cu 6 pereţi: 1. *peretele extern* corespunde casei timpanului şi vine în raport cu cele două ferestre, ovală şi rotundă; 2. *peretele intern* vine în raport cu conductul auditiv intern prin care nervul stato-acustic părăseşte urechea şi prin care pătrunde nervul facial ce străbate canalul facialului; 3. *peretele anterior* răspunde cohleei osoase; 4. pe pereţii *superior* şi *posterior* se remarcă orificiile canalelor semicirculare; 5. *peretele inferior* este reprezentat de podişul vestibulului.

De la vestibulul osos porneşte, spre faţa posterioară a stîncii, un canal îngust numit apeductul vestibulului osos, prin care perilimfa comunică cu lichidul cefalorahidian.

Cele trei canale semicirculare osoase (anterior, posterior şi lateral) se află în planuri perpendiculare unul pe celălalt. Fiecare canal semicircular se deschide la o extremitate a sa printr-o dilataţie mai largă, numită ampulă. La cealaltă extremitate canalul anterior se uneşte cu cel posterior într-un canal comun înainte de a se deschide în vestibul. Cele 3 canale semicirculare se vor deschide deci în vestibul prin 5 orificii.

Melcul osos (cohlea osoasă) este situat anterior de vestibul şi prezintă o formă conică, cu un ax osos central, numit columelă, în jurul căruia melcul osos realizează $2^1/_2$ ture.

Pe columelă se prinde lama spirală osoasă, mai lată la bază şi mai îngustă la vîrf, care se întinde de la columelă pînă la jumătatea lumenului cohleei şi este întregită de membrana bazilară a labirintului membranos, care se sprijină pe peretele extern al melcului osos. O altă membrană, numită membrana vestibulară Reissner, este orientată de la lama spirală osoasă spre peretele extern al melcului osos. Datorită acestor membrane, lumenul melcului osos este compartimentat în: *rampa vestibulară*, situată deasupra membranei vestibulare, *rampa cohleară (timpanică)*, sub membrana bazilară şi *canalul cohlear* (melcul membranos), între membrana bazilară, membrana vestibulară şi peretele extern al melcului osos. Ambele rampe, vestibulară şi cohleară, conţin perilimfă şi comunică între ele la vîrful melcului printr-un orificiu numit helicotremă care apare datorită faptului că lama spirală osoasă lipseşte la acest nivel.

Labirintul membranos este format dintr-un sistem de camere, situate în interiorul labirintului osos, al căror pe-

reți sînt formați din țesut conjunctiv fibros. Conformația labirintului membranos seamănă, în general, cu a celui osos, numai că vestibulul membranos este format din 2 cavități membranoase: utricula, situată în partea postero-superioară a vestibulului și sacula, sub utriculă.

De la utriculă și saculă pleacă cîte un canal endolimfatic ce se unesc și formează canalul endolimfatic comun, terminat printr-un fund de sac endolimfatic.

În utriculă se deschid cele 3 canale semicirculare membranoase, situate în interiorul celor osoase și, ca și cele osoase, sînt perpendiculare unul pe celălalt. Prezintă 3 extremități dilatate numite extremități ampulare și numai două nedilatate (neampulare) deoarece una din extremitățile neampulare este comună canalelor semicirculare anterior și posterior.

Din partea inferioară a saculei pornește un canal numit canalul Henssen care face legătură cu canalul cohlear situat în interiorul melcului osos, pe care nu-l ocupă în întregime ci numai parțial, în spațiul care corespunde celor două membrane, bazilară și vestibulară Reissner. Pe secțiune are o formă triunghiulară.

Receptorii acustici se găsesc la nivelul organului Corti, care se întinde pe aproape toată lungimea canalului cohlear, cu excepția unor scurte porțiuni la fiecare extremitate a canalului cohlear. Organul lui Corti se află pe membrana bazilară, acoperit de membrana tectoria (Corti), acelulară. Printr-o extremitate a sa aderă de lama spirală osoasă, iar cu cealaltă plutește liberă în endolimfă (fig. 83).

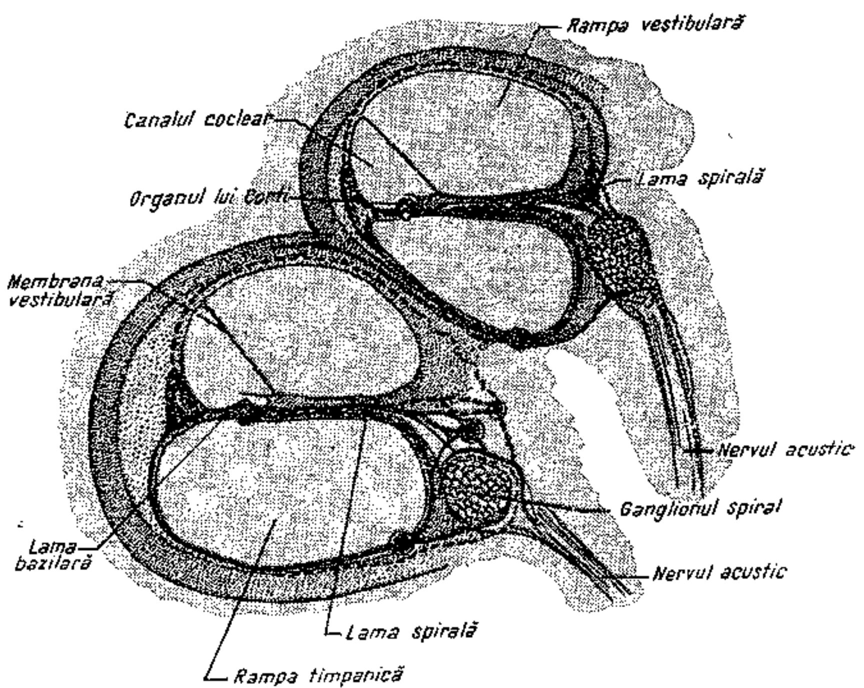
În centrul organului Corti se găsește un spațiu triunghiular numit tunelul Corti. Baza tunelului Corti este reprezentată de membrana bazilară iar laturile lui, de două rînduri de celule de susținere mai înalte — numite stîlpii interni și externi — care se sprijină unul pe celălalt prin polul apical. Tunelul lui Corti este traversat de fibre dendritice ale neuronilor din ganglionul spiral Corti, care este localizat într-un canal spiral în columelă. De o parte și de alta a stîlpilor se descriu alte celule de susținere mai mici, celulele Deiters. Cele interne sînt dispuse pe un singur rînd, cele externe pe 3—4 rînduri. Celulele de susținere interne sînt continuate spre lama spirală osoasă de un epiteliu cubic simplu, în timp ce celulele de susținere externe sînt continuate spre peretele extern al canalului cohlear de celule înalte (celulele Hensen).

Celulele Hensen diminuă și se continuă cu celule cubice (Claudius). Deasupra celulelor de susținere (interne și externe) se găsesc celulele auditive. În raport cu tunelul Corti se deosebesc celule auditive interne, pe un singur rînd și celule auditive externe.

La polul bazal al celulelor auditive sosesc terminații dendritice ale neuronilor din ganglionul spiral Corti. La polul apical al celulelor auditive se găsesc cilii auditivi. Numărul cililor este mai mare la celulele auditive externe (80—100) decît al celor interne (40—65). Deasupra cililor auditivi se află membrana tectoria Corti.

Receptorii vestibulari sînt situați în labirintul membranos posterior. În utriculă și saculă se găsește cîte o maculă, respectiv utriculară și saculară, formate din celule de susținere, așezate pe o membrană bazală, peste care sînt dispuse celule senzoriale cu cili. Celulele senzoriale nu ajung la membrana bazală, ele ocupînd porțiunea superficială a epiteliului. La polul bazal al celulelor senzoriale sosesc dendrite ale neuronilor din ganglionul vestibular Scarpa. Cilii sînt înglobați, într-o structură gelatinoasă, numită membrana otolitică în care se află granule de carbonat de calciu și magneziu, numite otolite.

Crestele ampulare, localizate în ampulele canalelor semicirculare membranoase, sînt formate din celule de susținere și celule senzoriale. Celulele senzoriale ocupă porțiunea superficială a epiteliului. La polul apical celulele senzoriale prezintă cili care pătrund într-o cupolă gelatinoasă iar la polul bazal, terminații dendritice ale neuronilor din ganglionul vestibular Scarpa. Utricula și sacula



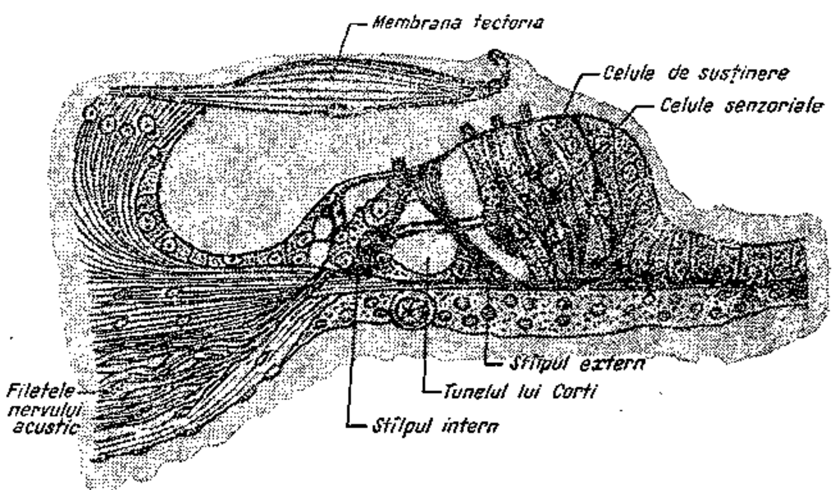


Fig. 83. Urechea internă — organul lui Corti și secțiune prin melc.

constituie aparatul otolitic pentru echilibrul static, iar canalele semicirculare sînt adaptate pentru echilibrul dinamic. Stimularea celulelor senzitive cu cili din macule şi creste ampulare, este determinată de deplasările endolimfei, consecutiv mişcărilor capului.

Segmentele intermediar şi central ale analizatorului stato-acustic

Calea acustică. Primul neuron se află în ganglionul spiral Corti. Dendritele primului neuron ajung la celulele auditive ale organului Corti iar axonii formează nervul cohlear care se alătură nervului vestibular, formînd perechea VIII (n. vestibulo-cohlear). Acesta pătrunde în trunchiul cerebral prin şanţul bulbo-pontin. Ramura cohleară a perechii VIII de nervi cranieni se îndreaptă spre cei doi nuclei cohleari (ventral şi dorsal) din punte. La nivelul acestor doi nuclei se află cel de al II-lea neuron al căii acustice. Axonii celui de-al II-lea neuron se încrucişează în punte şi formează corpul trapezoid în vecinătatea căruia se găseşte nucleul olivar pontin. După încrucişare axonii iau un traiect ascendent, formînd lemniscul lateral care se îndreaptă spre coliculul inferior unde se găseşte al III-lea neuron. Al IV-lea neuron al căii acustice se găseşte în corpul geniculat medial. Axonul celui de al IV-lea neuron se proiectează în girul temporal superior, pe faţa sa superioară, în girii transverşi, cîmpurile 41, 42 şi 22.

Calea vestibulară. Primul neuron se află în ganglionul vestibular Scarpa. Dendritele primului neuron ajung la celulele senzoriale din maculă şi creste ampulare, iar axonii formează ramura vestibulară a perechii a VIII-a de nervi cranieni (nervul vestibulo-cohlear). Ramura vestibulară se îndreaptă spre cei 4 nuclei vestibulari din bulb (superior, inferior, lateral şi medial). La acest nivel se află cel de al II-lea neuron al căii vestibulare şi de aici pleacă mai multe fascicule, şi anume:

— fasciculul vestibulo-spinal, spre măduvă;
— fasciculul vestibulo-cerebelos, spre cerebel;
— fasciculul vestibulo-nuclear, spre nucleii nervilor III şi IV din mezencefal şi VI din punte;
— fasciculul vestibulo-talamic, spre talamus; de aici, prin fibre talamo-corticale se proiectează spre scoarţa lobului temporal (circumvoluţia temporală superioară).

Unii autori afirmă că proiecţia corticală a analizatorului vestibular s-ar face în lobul parietal.

XVI. FIZIOLOGIA ANALIZATORILOR

1. GENERALITĂŢI

Mecanismul recepţiei excitanţilor

Receptorii sînt formaţi, în general, din celule epiteliale care au excitabilitate specifică. Specificitatea constă în faptul că fiecare tip de receptor prezintă un prag de excitabilitate foarte coborît faţă de un anumit excitant şi praguri foarte ridicate pentru toate celelalte categorii de excitanţi. De exemplu, celulele fotosensibile ale retinei sînt excitate de energii luminoase infime, de valoarea cîtorva cuante, dar pot fi excitate şi de agenţi mecanici cu energii de milioane de ori mai mari. Excitabilitatea receptorilor prezintă încă două particularităţi: potenţialul receptor şi adaptarea.

— *Potenţialul receptor* (generator) este variaţia de potenţial la nivelul membranei receptoare, produsă de agen-

tul excitant. Acest potențial nu respectă legea „tot sau nimic“. Este un potențial local a cărui amplitudine variază gradat, în funcție de intensitatea excitantului. În felul acesta receptorul „traduce“ energia variabilă a excitantului specific, în potențiale electrice de amplitudini variabile.

Adaptarea receptorilor reprezintă fenomenul de creștere progresivă a pragului față de excitantul specific, dacă acesta acționează un timp mai îndelungat. De exemplu, simțim contactul tactil cu o cămașă numai în momentul îmbrăcării acesteia și nu pe tot parcursul zilei. Excepție de la fenomenul de adaptare fac receptorii proprioceptivi, în special fusurile neuro-musculare.

Receptori tonici și receptori fazici. Receptorii care nu se adaptează rapid, trimit spre centri informații, tot timpul în care asupra lor acționează agentul excitant. Ei exercită o influență tonică, permanentă asupra centrilor; sînt receptori tonici.

Receptorii cu viteză mare de adaptare nu emit stimuli decît în momentul începerii și terminării acțiunii excitantului. Ei au faze de activitate și de inactivitate; sînt receptori fazici.

Prima categorie de receptori informează permanent centri despre acțiunea unor excitanți continui; a doua categorie trimit informații numai în momentul apariției unor schimbări în acțiunea excitanților. Exemple de receptori tonici sînt fusurile neuro-musculare, baroreceptorii și chemoreceptorii vasculari, receptorii labirintici și cei dureroși; exemple de receptori fazici sînt receptorii tactili, de presiune și cei pentru vibrații.

Transmiterea informației de la receptor la centri

Între celulele senzoriale și dendritele primilor neuroni senzitivi există puncte de contact sinaptic. (În cazul receptorilor cutanați, rolul de membrană receptoare îl are terminația amielinică a dendritei protoneuronului). Transmiterea de la receptor la dendrită se face electric. Potențialele receptor produc, la nivelul dendritei, variații ale potențialului de repaus, pînă la valoarea pragului critic de descărcare. În acel moment, pe dendrită apare un potențial de acțiune „tot sau nimic“ ce se propagă cu mare viteză spre centri. Amplitudinea potențialelor de acțiune de pe căile de conducere nu variază în funcție de intensitatea excitației resimțite de receptor. Codificarea informației la acest nivel se face prin *modulare în frecvență*. Cu cît un stimul este mai intens (și potențialul receptor mai amplu) cu atît frecvența potențialelor de acțiune conduse către centri va fi mai mare. Aceste potențiale de acțiune reprezintă stimulul sau influxul nervos care se propagă prin lanțuri de trei sau mai mulți neuroni, spre ariile corticale specifice. La fiecare sinapsă întîlnită în cale, semnalul electric este codificat în semnal chimic (eliberarea mediatorului), iar acesta, la rîndul său, este recodificat în semnal electric la nivelul membranei postsinaptice ș.a.m.d. Fiecare neuron de releu are cîteva mii de contacte sinaptice prin care, în orice moment, sosesc numeroase impulsuri excitatorii sau inhibitorii. Neuronul le integrează pe toate și elaborează un semnal prelucrat superior, pe care îl transmite spre următoarea stație releu. Pe măsură ce se apropie de centri corticali, informația de la nivelul receptorilor este din ce în ce mai prelucrată și mai concentrată. Ultima stație releu este la nivelul talamusului, spre care converg toate aferențele extero-, intero- și proprioceptive, cu excepția celor olfactive.

În talamus are loc o integrare a tuturor semnalelor de la receptori. De aici, pornesc spre scoarță un număr redus de semnale superioare prelucrate. Pe baza lor, scoarța elaborează un model intern al lumii înconjurătoare și a propriului organism. Procesul nervos prin care se trece de la o mulțime de semnale elementare disparate la un semnal

superior, poartă numele de *superizare*. Cea mai înaltă superizare se realizează la nivelul scoarței cerebrale.

Fiecare analizator are calea sa de conducere specifică directă. În traseul lor spre scoarță, căile de conducere emit colaterale spre formația reticulată mezencefalo-diencefalică, prin care se exercită o acțiune tonică asupra scoarței cerebrale. Aceste colaterale, împreună cu căile reticulo-corticale, reprezintă căi ascendente *nespecifice*, cu *proiecție corticală difuză*. Rolul lor este esențial în reacția de trezire corticală și în prelucrarea semnalelor ajunse la scoarță pe căi ascendente specifice.

Proiecția corticală a excitațiilor recepționate la periferie

Fiecare analizator are o arie corticală pe care se proiectează în mod preferențial, semnalele emise de anumiți receptori și superizate apoi pe traseul căilor de conducere. Deși au localizări precise, granițele acestor arii nu pot fi trasate net; pe de o parte, ele se întrepătrund, iar pe de alta, la elaborarea unei anumite senzații și percepții participă și ariile asociative, arii comune pentru toți analizatorii. În plus, la perceperea conștientă a lumii înconjurătoare participă și formația reticulată mezencefalo-diencefalică. De aceea noțiunea de „centru cortical" are azi un sens mult mai larg decît în trecut.

Modalitățile de senzații ajunse în lumina conștiinței depind de aria corticală unde sosesc potențialele de acțiune pornite de la receptori. Astfel, potențialele de acțiune, în ariile optice, determină senzații vizuale, în ariile auditive produc senzații acustice etc. Aceleași senzații pot fi provocate și prin excitarea directă a ariilor corticale specifice. Senzația conștientă se naște pe scoarța cerebrală dar se proiectează spațial, la nivelul zonei receptoare excitate. Corespondența dintre localizarea topografică a receptorilor și senzația corticală specifică provocată prin excitarea lor, se realizează prin intermediul căilor de conducere specifice fiecărui analizator.

2. CLASIFICAREA ANALIZATORILOR

Se disting două categorii de analizatori: analizatorii somestezici și organele de simț.

1. Analizatorii somestezici (simțurile somatice) primesc și prelucrează informații de la aparatul locomotor (analizatorul proprioceptiv sau kinestezic) și de la receptorii cutanați (analizatorul exteroceptiv sau cutanat).

2. Organele de simț sau simțurile speciale, sînt reprezentate de analizatorii vizual, auditiv, vestibular, gustativ și olfactiv.

3. FIZIOLOGIA ANALIZATORULUI EXTEROCEPTIV (CUTANAT)

Exterorecepția reprezintă sensibilitatea recepționată la nivelul pielii. Piesa adăpostește receptori pentru mai multe tipuri de sensibilități. Ei reprezintă segmentele periferice a cel puțin trei tipuri de analizatori: tactil, termic și dureros. Deși recepționează, transmit și prelucrează stimuli diferiți, cei trei analizatori au multe elemente comune: au receptorii situați la nivel cutanat; au proiecția corticală în girul postcentral iar, în anumite circumstanțe, stimulii termici sau tactili pot provoca senzații dureroase.

A. *SEGMENTUL PERIFERIC AL ANALIZATORULUI EXTEROCEPTIV* este reprezentat de receptorii tactili, termici și dureroși.

Receptorii tactili sînt mecanoreceptori, fiind stimulați de deformații mecanice. Prin intermediul acestor receptori se pot genera senzații tactile, de presiune sau vibratorii. Cei cu localizare superficială recepționează atingerea (corpusculii Meissner, discurile Merkel) iar cei mai profunzi presiunea (corpusculii Ruffini). Tot în profunzime se află corpusculi cu adaptare foarte rapidă (corpusculii Pacini), care detectează vibrațiile. Un tip special de senzație tactilă este pruritul (mîncărimea) și gîdilatul. Receptorii pentru aceste senzații sînt tot mecanoceptori, ei fiind excitați de stimuli tactili foarte superficiali.

Receptorii termici sînt situați în dermul superficial și epiderm. Termoceptorii sînt mai ales terminații nervoase libere, unele specializate pentru cald, altele pentru rece.

Receptorii de durere (algoreceptori) sînt chemoceptori, stimulați de anumite modificări chimice tisulare. Senzația de durere poate apare și prin excitarea brutală a receptorilor termici (temperaturi mai mari de 43°C) sau tactili (distrugeri tisulare, tăieturi etc.). Algoceptorii sînt, în special, terminații nervoase libere.

B. *SEGMENTUL INTERMEDIAR AL ANALIZATORULUI EXTEROCEPTIV* este reprezentat de două sisteme de conducere: un sistem spino-talamic și un sistem spino-bulbo-talamic.

Sistemul spino-talamic conduce sensibilitatea tactilă grosieră — pruritul și gîdilatul — (fasciculul spino-talamic ventral) și sensibilitatea termică și dureroasă (fasciculul spino-talamic lateral).

Sistemul spino-bulbar conduce sensibilitatea tactilă discriminativă, senzația de presiune cu gradații fine și senzația vibratorie.

C. *SEGMENTUL CORTICAL AL ANALIZATORULUI EXTEROCEPTIV* este reprezentat prin două arii de proiecție: aria somestezică I (S_I), localizată în girul postcentral (cîmpurile 3, 1, 2) și aria somestezică II (S_{II}), în partea inferioară a lobului parietal și în tavanul șanțului lateral Sylvius (fig. 84). În aceste arii sfîrșesc axonii celui de al 3-lea neuron senzitiv din talamus. Fiecare dermatom este reprezentat printr-o arie corticală proprie. Această corespondență se numește somatotopie iar proiecția corticală a tuturor dermatoamelor formează un *homunculus senzitiv*. Acesta apare răsturnat, cu capul spre partea inferioară a girului postcentral și picioarele spre partea superioară. Întinderea suprafeței de proiecție corticală nu este proporțională cu mărimea suprafeței cutanate ci cu gradul de sensibilitate. Astfel, regiunea cefalică (în special buzele) și mîinile au arii de proiecție mult mai întinse decît trunchiul și membrele inferioare. Toate informațiile exteroceptive culese dintr-o jumătate de corp, se proiectează în girul postcentral contralateral.

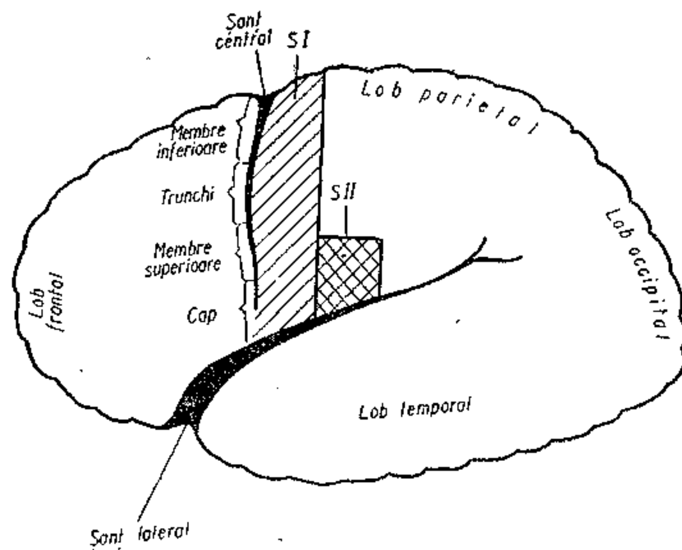


Fig. 84. Ariile somestezice.

Arii somestezice asociative. În lobul parietal posterior față de aria somestezică primară și deasupra ariei somestezice secundare, se află cîmpurile corticale 5 și 7, care reprezintă arii somestezice asociative. Ele participă la elaborarea de percepții tactile și kinestezice mai complexe, asocieri de simțuri exteroceptive (senzație tactilă și senzație de mișcare într-o articulație etc.).

Rolul analizatorului cutanat

Sensibilitatea tactilă protopatică permite recunoașterea contactului cu un obiect. Sensibilitatea tactilă epicritică permite identificarea prin pipăit a formei, dimensiunilor, greutății, a materialului din care este confecționat obiectul, precum și a vibrațiilor de joasă frecvență.

Prin sensibilitatea termică pot fi apreciate diferențele relative de temperatură ale obiectelor. Intensitatea senzației termice este proporțională cu viteza de schimb termic organism-obiect atins. De aceea corpurile cu conductibilitate termică mare apar mai reci (sau mai calde) față de corpurile cu aceeași temperatură, dar conductibilitate termică mai redusă. Aceste sensibilități pot fi dezvoltate prin antrenament, situație întîlnită la nevăzători.

Simțul tactil, împreună cu cel kinestezic, permit cunoașterea, în fiecare moment, a locului ocupat de fiecare segment al corpului nostru în spațiu, precum și a deplasărilor diferitelor părți ale sale, unele față de altele sau în ansamblu. Existența fiecărei componente a organismului este atît de bine întipărită în conștiință încît, la persoanele care au suferit amputații mari de membre, persistă, cîteva săptămîni senzația prezenței, în continuare a membrului amputat.

Extirparea ariilor somestezice I și II duce la abolirea senzațiilor tactile epicritice, în jumătatea opusă a corpului, dar afectează mai puțin pe cea termică și aproape deloc pe cea dureroasă, evidențiind rolul talamusului în perceperea durerii și temperaturii. Distrugerea ariilor somestezice asociative duce la imposibilitatea recunoașterii apartenenței la propriul corp a jumătății contralaterale.

Senzația dureroasă prezintă importanță în apărarea organismului față de agenții nocivi. Durerea este un semnal de alarmă care alertează organismul în vederea înlăturării ei și a cauzelor ce au produs-o. În clinică, durerea reprezintă un simptom important pentru diagnosticul bolii. Practic, orice agent care provoacă leziuni tisulare, poate genera durere.

4. ANALIZATORUL INTEROCEPTIV

Toate viscerele noastre sînt inervate senzitiv dar, în mod normal, noi nu sîntem conștienți despre activitatea acestora. Chiar și în cazul durerii viscerale, deși conștientă, aceasta nu poate fi localizată cu precizie ca durerea cutanată sau musculară. Aceasta se datorește slabei reprezentări corticale a interoceptorilor viscerali. Totuși, excitațiile pornite din viscere influențează activitatea corticală prin intermediul căilor ascendente polisinaptice și a formației reticulate mezencefalo-diencefalice.

5. FIZIOLOGIA ANALIZATORULUI PROPRIOCEPTIV (KINESTEZIC)

Recepția kinestezică se realizează la nivelul proprioceptorilor care sînt excitați mecanic de presiunea sau tracțiunea exercitată asupra lor. Pe baza informațiilor culese

de la aceștia, cît și de la nivel cutanat, centri corticali sînt conștienți, în fiecare moment, de poziția în spațiu a părților corpului și de mișcările efectuate la nivelul articulațiilor. Analizatorul kinestezic, împreună cu cel cutanat, iau parte la elaborarea senzațiilor somatice. O altă funcție a analizatorului kinestezic este de menținere a tonusului muscular și a posturii corpului. La realizarea acesteia concură și analizatorul vestibular, vizual și cutanat.

Primele două segmente ale analizatorului kinestezic au fost descrise la anatomie.

Segmentul cortical este reprezentat tot la nivelul ariilor somestezice I și II, încît proiecția sensibilității dermatoamelor se suprapune, în general, cu a miotoamelor. Informațiile de la nivelul articulațiilor, se proiectează, în special, în regiunea posterioară a girului postcentral (cîmpul 2) iar cele de la fusurile neuromusculare, în regiunile anterioare (cîmpul 3) și în profunzimea șanțului central, pînă spre cortexul motor (cîmpul 4). Se realizează aici o arie senzitivo-motorie care pune în acord efectuarea comenzii motorii corticale, cu știrile sosite pe căi proprioceptive, privind modul în care aceasta este executată de mușchii respectivi. O parte din informația kinestezică este condusă prin fasciculele Goll și Burdach, spre talamus și scoarță, unde devine imediat conștientă. O altă parte este condusă prin fasciculele spino-cerebeloase, la cerebel care, după o prelucrare, o transmite la talamus și de aici ajunge la cortexul senzitivo-motor (vezi controlul motilității voluntare).

Rezultă că analizatorul kinestezic joacă cel puțin trei roluri majore:

— În elaborarea de către scoarță a senzației somatice.

— În reglarea tonusului mușchilor și a posturii corpului.

— În controlul motilității voluntare.

Analizatorul kinestezic nu realizează singur aceste mari funcții. Rolul său este de a furniza creierului informații prelucrate (superizate), de la aparatul locomotor. Pe baza acestora, este elaborată comanda motorie, se reglează tonusul muscular și postura, se efectuează controlul asupra îndeplinirii comenzii voluntare. Altfel spus, analizatorul kinestezic reprezintă o importantă componentă de feedback a servomecanismului ce reglează activitatea motorie somatică.

6. FIZIOLOGIA ANALIZATORULUI VIZUAL

Funcția principală a analizatorului vizual este perceperea luminozității, formei și culorii obiectelor din lumea înconjurătoare.

RECEPȚIA VIZUALĂ se petrece la nivelul ochiului Acesta poate fi comparat cu un aparat fotografic, format din trei sisteme optice:

— o cameră obscură — camera posterioară a globului ocular;

— un sistem de lentile — aparatul dioptric al ochiului;

— o suprafață fotosensibilă — stratul celulelor cu conuri și bastonașe din retină, unde se desfășoară procesele fotochimice ale recepției.

Camera obscură. În interiorul globului ocular, razele luminoase nu se reflectă. Aceasta se datorește straturilor de celule pigmentare din structura coroidei și a retinei. În plus, fiecare con și bastonaș este înconjurat de prelungiri citoplasmatice ale celulelor stratului pigmentar retinian, formînd o multitudine de mici camere obscure care conțin *melanina*. Lipsa ei, la albinoși, provoacă tulburări de vedere diurnă.

Aparatul dioptric ocular este format din cornee (putere de refracție=45 dioptrii) și cristalin (putere de refracție =15 dioptrii). Simplificînd, putem considera aparatul di-

optric al ochiului ca o singură lentilă convergentă, cu o putere totală de 60 dioptrii și cu centrul optic la 17 mm în fața retinei. Razele paralele ce vin de la infinit (în practică de la distanțe mai mari de 6 m) se vor focaliza la 17 mm în spatele centrului lentilei oculare, dînd o imagine reală și răsturnată (fig. 85).

Acomodarea. Puterea de refracție a cristalinului nu este fixă. Variația acesteia cu distanța la care privim se numește acomodare. Acomodarea se datorește elasticității cristalinului, aparatului suspensor al acestuia și mușchiului ciliar. Organul activ al acomodării este mușchiul ciliar. Cînd ochiul privește la distanță, mușchiul ciliar este relaxat iar zonula Zinn, tensionată. Aceasta pune în tensiune cristaloida, comprimînd cristalinul. Ca urmare, raza de curbură a acestuia crește iar puterea de convergență scade la valoarea minimă de 15 dioptrii. Aceasta este acomodarea la distanță, care permite ochiului emetrop să vadă clar, fără efortul mușchiului ciliar, obiecte situate la distanțe mai mari de 6 m. Cînd privim obiecte aflate în apropiere mușchiul ciliar se contractă și relaxează zonula Zinn. Tensiunea din cristaloidă scade, iar datorită elasticității, cristalinul se bombează. Ca urmare, puterea de convergență crește de la 15 la 30 dioptrii. Aceasta este acomodarea pentru vederea de aproape, care se face cu efort contractil al mușchiului ciliar și permite vederea clară a obiectelor situate la distanțe mai mici de 6 m.

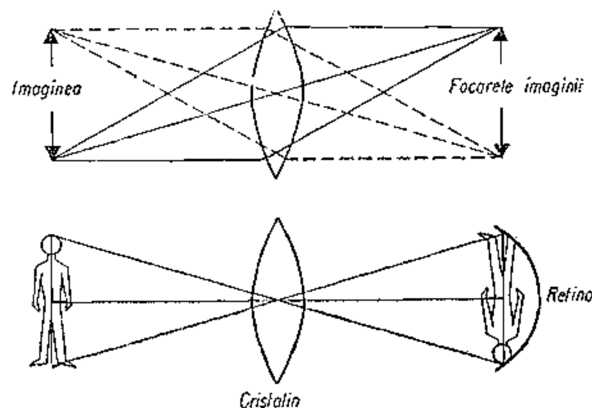


Fig. 85. Formarea imaginii pe retină.

Punctul cel mai apropiat de ochi, la care vedem clar un obiect, cu efort acomodativ maximal, se numește *punct proxim.* Punctul cel mai apropiat de ochi la care vedem clar, fără efort acomodativ, se numește *punct remotum.* La indivizii tineri punctul proxim se află la 25 cm iar punctul remotum, la 6 m de ochi. Cu vîrsta, puterea de acomodare scade datorită scăderii elasticității cristalinului. În consecință, punctul proxim se îndepărtează, fenomen cunoscut sub numele de presbiopie (presbiție).

Acomodarea este un act reflex, reglat de centri corticali și de coliculii cvadrigemeni superiori care, prin intermediul nucleului vegetativ parasimpatic anexat nervului oculomotor din mezencefal (perechea III-a), comandă contracția mușchiului ciliar.

Emetropia și tulburările ei

În raport cu distanța la care se află retina față de centrul optic, există trei tipuri de ochi (fig. 86):

— *ochiul emetrop,* la care retina se află la 17 mm în spatele centrului optic iar imaginea obiectelor aflate la infinit este clară, fără acomodare;

— *ochiul hipermetrop,* care are retina situată la mai puțin de 17 mm de centrul optic;

— *ochiul hipometrop* (miop), cu retina situată la distanțe mai mari de 17 mm.

Ochiul hipermetrop nu are punct remotum. El necesită un efort acomodativ permanent, indiferent de distanța la care privește. Hipermetropia se corectează cu lentile convergente.

Ochiul miop are punctul remotum mai aproape de 6 m. Pentru a vedea clar, miopul apropie obiectul privit. În acest mod, razele ce sosesc pe suprafața corneei au un traseu divergent și, în consecință, se vor focaliza la distanțe mai mari de 17 mm de centrul optic, pe retina acestora. Miopia se corectează cu lentile divergente (fig. 87).

La hipermetrop, acomodarea pentru vederea de aproape începe încă de la infinit și se epuizează înainte de atingerea distanței de 25 cm, ducînd la îndepărtarea punctului proxim.

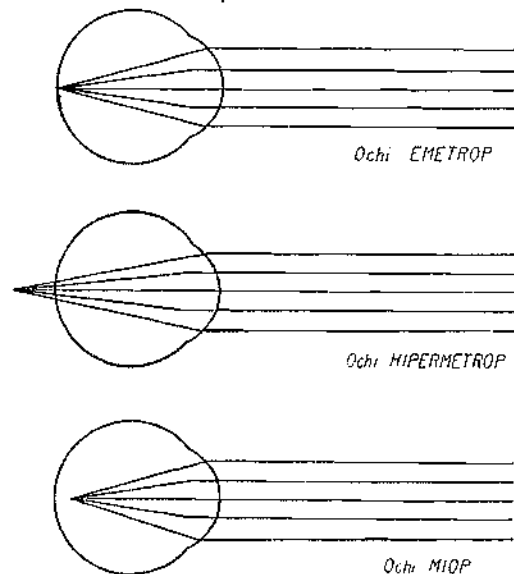


Fig. 86. Cele trei tipuri de ochi.

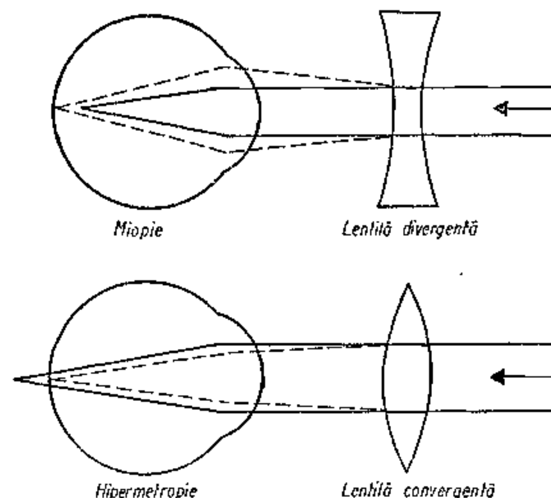


Fig. 87. Corecția viciilor de refracție.

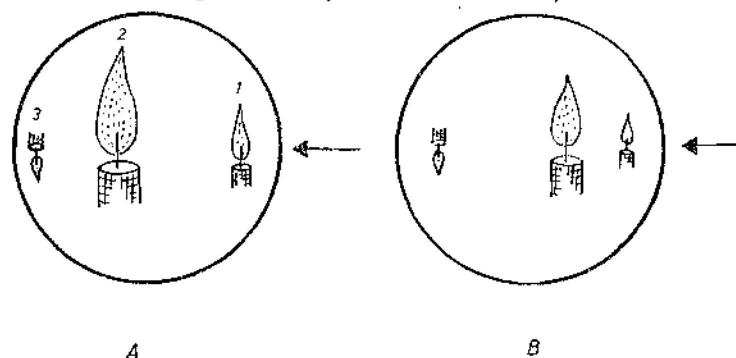


Fig. 88. Imaginile Purkinje: *A* — ochiul privește un obiect aflat la distanță de peste 6 m. Imaginea acestuia se reflectă pe cornee (1) și pe fața anterioară a cristalinului (2) ca în oglinzi convexe și pe fața posterioară a cristalinului (3) ca într-o oglindă concavă. Cînd privește în apropiere imaginea din mijloc se îndepărtează de retină și se micșorează, ca urmare a bombării feței anterioare a cristalinului.

În cazul ochiului miop, acomodarea începe sub distanța de 6 m și poate continua pînă la distanțe mai mici de 25 cm, ducînd la apropierea punctului proxim.

Astigmatismul este un viciu de refracție datorat existenței mai multor raze de curbură ale suprafeței corneei. Avînd un meridian cu putere de convergență anormală, corneea va determina formarea unor imagini retiniene neclare pentru punctele aflate în meridianul spațial corespunzător. Astigmatismul se corectează cu lentile cilindrice.

Demonstrarea rolului cristalinului în acomodare se face cu ajutorul imaginilor lui Purkinje (fig. 88).

Procesele fotochimice din retină

Retina este sensibilă la radiațiile electromagnetice cu lungimile de undă cuprinse între 400—750 nanometri. Recepția vizuală constă din transformarea energiei electromagnetice a luminii în influx nervos. Acest act se petrece la nivelul celulelor cu prelungiri în formă de con sau bastonaș. Ele sînt formate din pliuri ale membranei celulare, suprapuse în mai multe straturi. În structura lor se află macromolecule fotosensibile de *purpur retinian*. Există mai multe varietăți de purpur retinian: bastonașele conțin un singur fel de pigment vizual, numit rodopsină; conurile conțin trei feluri de asemenea pigmenți, numite iodopsine. Structural, un pigment vizual are două componente: o grupare neproteică, *retinenul* și o grupare proteică, *opsina*. Retinenul este o aldehidă a vitaminei A și este același pentru toți pigmenții. Opsinele sînt diferite. Bastonașele conțin un singur fel de opsină numită scotopsină. Conurile conțin trei feluri de opsine numite fotopsine. Retinenul poate exista sub două forme izomere: forma „cis", care se combină ușor cu opsinele dînd pigmentul vizual caracteristic, și forma „trans" care se desface de gruparea proteică ducînd la descompunerea pigmentului. Trecerea din „cis" în „trans" are loc sub acțiunea energiei luminoase. Regenerarea formei „cis" din izomerul „trans' are loc la întuneric, sub acțiunea unei izomeraze.

Mecanismul fotoreceptor. Procesul fotorecepției este identic la conuri și bastonașe. Pigmentul vizual absoarbe energia radiației luminoase și se descompune în retinen și opsină. Deoarece pigmentul face parte din structura membranei conurilor și bastonașelor, descompunerea sa determină modificări ale conductanțelor ionice, urmate de apariția unui potențial electric, potențial numit receptor sau generator. Amplitudinea acestuia este proporțională cu logaritmul intensității luminoase. Acest potențial determină un influx nervos ce se propagă spre centri vizuali.

Sensibilitatea receptorilor vizuali este foarte mare. Bastonașele sînt mult mai sensibile decît conurile. Pentru a excita o celulă cu bastonaș, este suficientă energia unei singure cuante de lumină.

Adaptarea receptorilor vizuali. Sensibilitatea celulelor fotoreceptoare este cu atît mai mare cu cît ele conțin mai mult pigment. Cantitatea de pigment din conuri și bastonașe variază în funcție de expunerea lor la lumină sau întuneric.

Adaptarea la lumină. Sub acțiunea luminii, cantitatea purpurului retinian scade. Deoarece rodopsina absoarbe toate lungimile de undă ale spectrului vizual, va scădea mai ales sensibilitatea bastonașelor încît vederea diurnă se realizează cu ajutorul conurilor. Timpul de adaptare la lumină este de 5 minute (fig. 89).

Adaptarea la întuneric. În lipsa energiei luminoase are loc refacerea pigmenților vizuali, ceea ce determină o creștere a sensibilității fotocelulelor. Sensibilitatea unui bastonaș la întuneric este de zeci de mii de ori mai mare decît la lumină. Vederea nocturnă este asigurată de bas-

tonașe. Timpul de adaptare la întuneric este de 30 minute. Adaptarea la întuneric are loc în două faze: o fază rapidă, în primele 5 minute, datorată creșterii de cîteva sute de ori a sensibilității conurilor și o fază lentă, de zeci de minute și chiar ore, datorată creșterii de cîteva zeci de mii de ori a sensibilității bastonașelor.

Retinenul provine din vitamina A. În avitaminoze A, se compromite adaptarea la întuneric deoarece fotocelulele retinei nu reușesc să se încarce, în timp util, cu pigmentul necesar. Tulburarea apare mai evident la trecerea de la zi la noapte în lumina crepusculară și se numește *nictalopie*.

Vederea alb-negru și vederea cromatică. Stimularea bastonașelor produce senzația de lumină albă iar lipsa stimulării, senzația de negru. Corpurile ce reflectă toate radiațiile luminoase apar albe iar cele ce absorb toate radiațiile, apar negre. Stimularea conurilor produce senzații mai diferențiate. Unele conuri conțin fotopsină care absoarbe preferențial radiația roșie și portocalie (conurile „roșii"). Altele conțin fotopsină ce absoarbe preferențial radiația verde (conurile „verzi"). O a treia categorie de conuri conțin fotopsina care absoarbe radiația violetă (conurile „violete" sau „albastre"). Excitarea egală a celor trei categorii de conuri provoacă senzația de alb. Excitarea unei singure categorii de conuri provoacă senzația culorii absorbite.

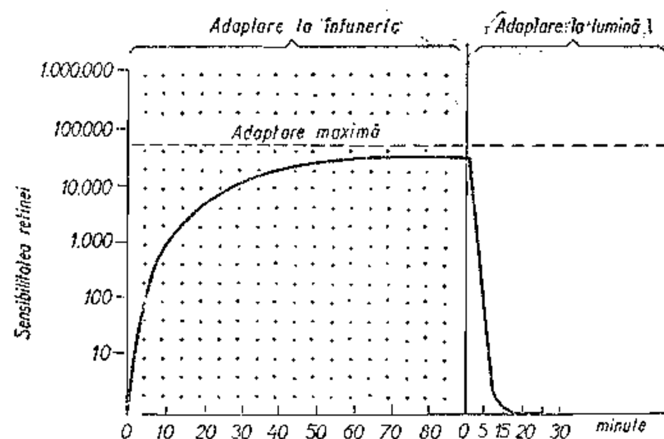


Fig. 89. Variația sensibilității retinei în funcție de luminozitate.

Culorile roșu, verde și violet sînt culori primare sau fundamentale. Prin amestecul lor în diferite proporții, se pot obține toate celelalte culori din spectru, inclusiv culoarea albă. Fiecărei culori din spectru îi corespunde o altă culoare complementară care, în amestec cu prima, dă culoarea albă.

Vederea diurnă cromatică este caracteristică retinei centrale (maculare), în special foveei, unde se află exclusiv conuri. Vederea nocturnă, în alb-negru, este realizată de retina periferică, unde predomină bastonașele. Sensibilitatea diferită a conurilor și bastonașelor se datorește și modului de transmitere a informației vizuale de la receptori spre centru (vezi anatomia).

Transmiterea stimulului vizual

Potențialul receptor determină apariția unor modificări electrice în neuronii bipolari, care la rîndul lor, provoacă, la nivelul neuronilor multipolari, apariția unor potențiale de acțiune „tot sau nimic". Frecvența acestora este proporțională cu logaritmul intensității luminoase. Datorită modului particular de încrucișare a fibrelor nervului optic la nivelul chiasmei, excitațiile de la jumătățile drepte ale retinelor sînt conduse spre emisferul drept iar cele din jumătățile stîngi, spre emisferul stîng. Ultima stație de re-

leu pe calea optică este talamusul (corpii geniculați externi).

Prelucrarea stimulilor vizuali începe încă de la nivelul retinei. Retina este un organ complex care, pe lîngă celule receptoare, are și elemente nervoase ce asigură transmiterea și prelucrarea stimulilor generați în conuri și bastonașe. O celulă multipolară, împreună cu celulele bipolare și fotoreceptoare de la care pornesc semnale, formează o *unitate funcțională retiniană*. Există unități retiniene specializate în vederea alb-negru. Acestea primesc aferențe preponderent de la bastonașe. Alte unități retiniene sînt specializate în vederea colorată. Ele primesc aferențe de la celulele cu con. Dacă la o celulă multipolară sosesc stimuli de la conurile roșii, aceasta va transmite un influx nervos care va genera, pe scoarță, senzația de roșu. La fel se petrec lucrurile și pentru culorile verde și violet. Dacă o celulă multipolară este stimulată în proporții diferite de conurile roșii, verzi și violete, ea va transmite spre centri informația despre o culoare intermediară din spectru. Celulele multipolare stimulate egal de cele trei tipuri de conuri, vor transmite spre centri senzația de alb. Celulele multipolare nestimulate transmit senzația de negru. Pentru a vedea culoarea neagră, este nevoie de activitatea retiniană. Orbii nu văd negru; ei nu văd nimic.

SENZAȚIA ȘI PERCEPȚIA VIZUALĂ

Fiecărui punct de pe retină îi corespunde un punct specific de proiecție corticală. Aria vizuală primară (cîmpul 17), numită și aria striată, se întinde mai ales pe fața medială a lobilor occipitali, de o parte și de alta a scizurii calcarine. În jurul acesteia se află ariile vizuale secundare sau asociative (cîmpurile 18 și 19). La nivelul ariei vizuale primare, cea mai întinsă reprezentare o are macula; aceasta ocupă regiunea posterioară a lobului occipital.

Deoarece de la nivelul celulelor cu con și bastonaș pornesc spre centri stimuli electrici, se pune întrebarea: cum reușește scoarța cerebrală să-i transforme în senzație de lumină, culoare și formă?

a. *Simțul luminii* este, filogenetic, cel mai vechi. Senzația de luminozitate se datorește excitării unor neuroni corticali, cu stimuli proveniți de la bastonașe sau cu stimuli de valoare egală, proveniți de la cele trei feluri de conuri. Datorită relației logaritmice dintre intensitatea excitantului luminos și valoarea potențialului receptor corespunzător, ochiul poate percepe o gamă foarte largă de intensități luminoase.

b. *Simțul culorilor*. Din practică se știe că prin amestecare în proporții variabile a celor trei culori primare (roșu, verde, violet) se pot obține toate celelalte culori din spectrul vizibil sau senzația de alb. Pe aceasta se bazează teoria tricromatică a lui YOUNG și HELMHOLTZ privind mecanismul percepției culorilor: fiecare din cele trei tipuri de conuri este excitat maximal de o anumită radiație monocromatică, dar poate fi excitat parțial și de radiații monocromatice vecine. Spre exemplu, o radiație cu lungimea de undă de 550 nm, care excită în proporții egale conurile verzi și roșii, va produce senzația de galben iar o radiație monocromatică de 480 nm care excită egal conurile roșii și indigo, dă senzația de verde etc.

Simțul culorii se datorește neuronilor corticali specializați în prelucrarea informației recepționate la nivelul conurilor. Neuronii excitați de o anumită culoare primară sînt inhibați de culoarea complementară corespunzătoare, și invers. Spre exemplu, neuronii stimulați de roșu sînt inhibați de verde iar cei stimulați de verde sînt inhibați de roșu. În mod similar se comportă și neuronii de tip albastru-galben, culori de asemenea complementare. Senzația unei anumite culori este realizată în funcție de proporția neuronilor excitați și inhibați, sub acțiunea aferențelor de la conuri. O radiație monocromatică cu o lungime de undă de 700 nm, va excita conurile roșii. De aici, prin fir direct, stimulul va ajunge la neuronii talamici de tip roșu-verde, excitîndu-i pe

primii și inhibîndu-i pe ceilalți. Neuronii „roșii" talamici vor excita neuronii corticali omonimi și vor inhiba neuronii corticali „verzi". Astfel apare senzația conștientă de roșu. Dacă stimulăm concomitent conurile roșii și verzi, pe scoarță nu va mai apare senzație de culoare, ci de lumină albă.

c. *Simțul formelor.* Identificarea formelor și detaliilor obiectelor se datorește unor neuroni corticali ce sînt stimulați numai cînd pe retină apar zone excitate prin contrast de luminozitate sau de culoare. Aceste zone retiniene reprezintă imaginea fotografică a obiectului. Lor le corespunde o „imagine" corticală a lumii privite, formată din neuronii stimulați, a căror dispoziție spațială reproduce punctele corespondente excitate de pe retină. Precizia cu care sînt percepute detaliile și contururile, reprezintă *acuitatea vizuală.* Ea se definește ca distanța minimă dintre două linii pe care ochiul le vede separat (minimum separabil). Unghiul minim sub care este văzută distanța dintre aceste linii este de un minut. Cea mai mare acuitate vizuală o are foveea centrală. Acuitatea vizuală depinde în mare parte de diametrul conurilor. Pentru a fi văzute distinct, două puncte din spațiu trebuie să dea pe retină două imagini separate printr-un rînd de conuri neexcitate.

Cîmpul vizual, vederea binoculară și stereoscopică

Spațiul cuprins cu privirea se numește cîmp vizual. Fiecărui ochi îi corespunde un *cîmp vizual monocular* care se suprapune în mare parte cu cîmpul vizual al celuilalt ochi. Partea comună a celor două cîmpuri reprezintă *cîmpul vizual binocular.* Orice obiect aflat în cîmpul binocular formează cîte o imagine pe fiecare din retine. Aceste imagini fuzionează pe scoarță într-o imagine unică. Procesul de fuziune corticală este posibil numai dacă imaginile retiniene se formează în *puncte corespondente.*

Retina fiecărui ochi are o jumătate nazală și una temporală. Datorită modului particular de încrucișare a fibrelor nervului optic la nivelul chiasmei, hemiretina nazală dreaptă devine corespondentă cu hemiretina temporală stîngă, și viceversa. Altfel spus, imaginile proiectate pe hemiretinele stîngi ajung în aria vizuală a emisferului stîng iar imaginile proiectate pe hemiretinele drepte ajung în aria vizuală a emisferului drept. Datorită cristalinului care răstoarnă imaginea, hemiretinele stîngi văd hemicîmpul vizual drept iar hemiretinele drepte văd hemicîmpul vizual stîng (fig. 90).

Corespondența, punct cu punct, a proiecțiilor retiniene necesită intervenția permanentă a unor reflexe motorii de

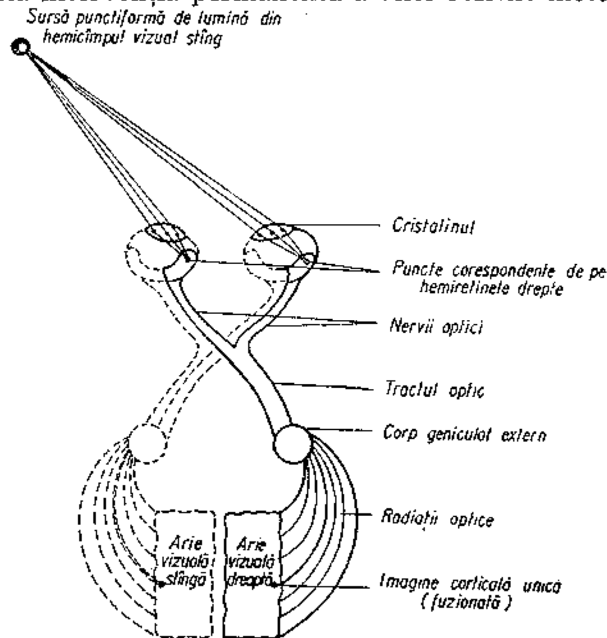


Fig. 90. Vederea binoculară.

orientare conjugată a ochilor spre obiectul privit. În funcție de unghiul format de axele vizuale ale celor doi ochi cu obiectul explorat, este apreciată distanța ochi — obiect. Pe baza experienței anterioare, noi vedem stereoscopic și cu un singur ochi. Totuși, precizia vederii în adîncime se obține numai prin vedere binoculară.

Extirparea ariei vizuale primare determină orbirea. Distrugerea ariilor vizuale secundare produce *afazia vizuală*. Bolnavul vede, spre exemplu, să citească, dar nu înțelege semnificația cuvintelor scrise.

7. FIZIOLOGIA ANALIZATORULUI ACUSTIC

Urechea umană percepe frecvențe sonore cuprinse între 25 și 20 000 Hz și amplitudini între zero și 130 decibeli.

Mecanismul recepției auditive

Recepția auditivă are loc în organul lui Corti. Celulele senzoriale de la acest nivel transformă energia mecanică sonoră în influx nervos. Sunetul este transmis pînă la organul Corti, atît prin oasele cutiei craniene (transmisie osoasă), cît și prin intermediul lanțului de oscioare din urechea medie (transmisie aeriană). Transmisia aeriană este cea fiziologică. Ea începe la nivelul pavilionului urechii, cu rol în captarea și dirijarea sunetului spre conductul auditiv extern. La capătul acestuia, unda sonoră pune în vibrație timpanul, care, la rîndul său, antrenează lanțul celor trei oscioare. Amplitudinea vibrațiilor timpanului este maximă, cînd presiunile pe cele două fețe ale sale sînt egale. De aceea, un rol important în audiție îi revine trompei lui Eustache, prin care se echilibrează presiunea aerului din urechea medie cu presiunea atmosferică. De la oscioare, vibrațiile sonore se transmit succesiv, ferestrei ovale, perilimfei și endolimfei. Variațiile de presiune ale endolimfei fac să vibreze membrana bazilară.

Excitarea celulelor auditive

În timpul propagării prin canalul cohlear, fiecare undă sonoră în raport cu frecvența sa, atinge amplitudinea maximă la distanțe variabile față de fereastra ovală (fig. 91). Sunetele înalte produc vibrații ample ale membranei bazilare din vecinătatea ferestrei ovale, în timp ce sunetele joase fac să vibreze membrana bazilară de la vîrful melcului. Vibrațiile antrenează celulele auditive ale căror cili vor suferi deformații mecanice la contactul cu membrana tectoria. Înclinarea cililor într-o direcție depolarizează celulele iar înclinarea lor în direcție opusă, le hiperpolarizează. Aceste variații alternative de potențial receptor produc potențiale de acțiune pe fibrele senzitive ale neuronilor Corti. Depolarizările celulelor senzoriale cresc frecvența potențialelor de acțiune iar hiperpolarizările, o reduc.

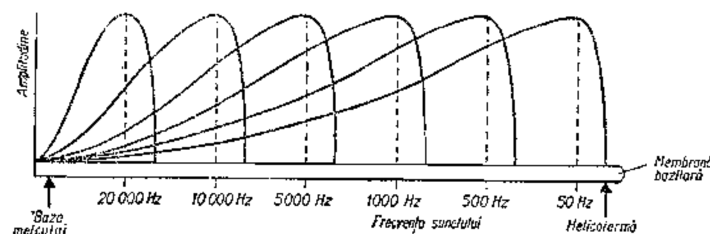


Fig. 91. Sediul vibrațiilor maxime ale membranei bazilare în funcție de frecvența sunetului.

Transmiterea stimulului auditiv

Fiecare neuron senzitiv din ganglionul spiral Corti transmite impulsuri nervoase de la o anumită zonă a membranei bazilare. Această specializare tonală se păstrează în continuare şi la celelalte staţii de releu ale căii acustice. Sunetele de o anumită frecvenţă activează anumiţi neuroni cohleari, anumiţi neuroni coliculari, anumiţi neuroni talamici. În acest mod, excitaţiile sonore, separate în frecvenţele componente la nivelul membranei bazilare, se transmit prin „fire izolate" spre neuronii corticali (fig. 92).

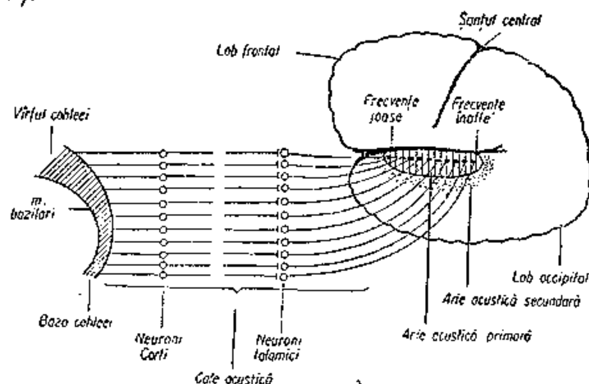


Fig. 92. Organizarea tonala a căii şi centrilor auzului.

Senzaţia şi percepţia auditivă

Proiecţia corticală a căilor auditive are loc în circumvoluţia temporală superioară (cîmpul 41 şi 42). Aceasta este aria acustică primară, ce primeşte informaţii acustice de la ambele urechi.

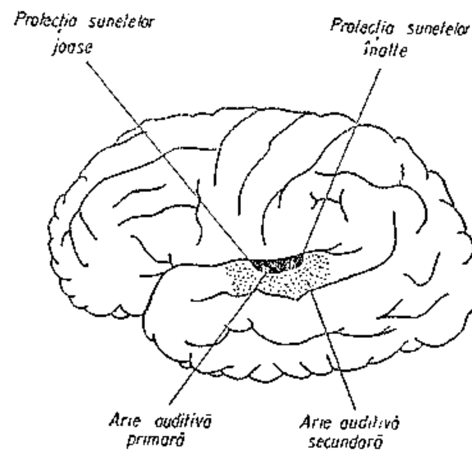


Fig. 93. Ariile acustice.

Aria acustică are o *organizare tonotopă,* în sensul că sunetele joase activează neuroni din porţiunile anterioare iar sunetele înalte activează neuroni situaţi mai posterior (fig. 93). În jurul ariei primare se află aria acustică secundară sau de asociaţie (cîmpul 22) care primeşte aferenţe de la aria primară. Distrugerea ariilor primare provoacă surditate iar distrugerea celor secundare nu aboleşte auzul însă face imposibilă înţelegerea semnificaţiei cuvintelor vorbite *(afazie auditivă).*

8. FIZIOLOGIA ANALIZATORULUI VESTIBULAR

Analizatorul vestibular îndeplineşte rolul de a informa creierul despre poziţia capului în spaţiu şi despre acceleràrile lineare sau circulare pe care acesta le suferă. Simţul vestibular nu este propriu-zis un simţ al echilibru-

lui, ci o componentă importantă a mecanismelor ce reglează echilibrul (alături de analizatorul kinestezie, vizual, tactil și de cerebel).

Rolul utriculei și saculei. Receptorii maculari sînt stimulați mecanic de către otolite. Stimularea are loc atît în condiții statice cît și dinamice. Cînd capul stă nemișcat, otolitele apasă prin greutatea lor asupra cililor celulelor senzoriale, care trimit impulsuri spre centri, informîndu-i asupra poziției capului în raport cu direcția vectorului gravitațional. Cînd capul și corpul suferă accelerări lineare (înainte, înapoi sau lateral), forțele de inerție împing otolitele care sînt mai dense ca endolimfa, în sens opus deplasării, declanșînd, prin intermediul centrilor nervoși, reacții motoare corectoare ale poziției corpului și capului, în vederea menținerii echilibrului pe toată durata mișcării. Deplasarea lineară înainte provoacă reflex aplecarea corpului și capului în față. Înclinarea capului într-o parte, determină creșterea tonusului mușchilor extensori de partea opusă etc.

Receptorii maculari descarcă impulsuri chiar și în absența deplasărilor capului, fapt ce dovedește că ei se adaptează foarte puțin. Înclinînd numai cu 1° față de poziția statică, descărcările de impulsuri din receptorii otolitici cresc. Acesta este pragul diferenței de înclinare a capului. Frecvența descărcărilor crește progresiv cu gradul înclinării.

Receptorii otolitici nu participă la echilibrul în condițiile accelerărilor circulare ale capului și corpului.

Rolul canalelor semicirculare. Al 2-lea organ receptor al aparatului vestibular este reprezentat de crestele ampulare și cupulele gelatinoase. Cilii celulelor senzoriale din canalele semicirculare sînt excitați mecanic de deplasarea endolimfei.

Recepționarea mișcărilor circulare ale capului este posibilă datorită orientării canalelor semicirculare în cele trei planuri (frontal, orizontal și sagital) ale spațiului.

Rotații ale capului în unul din aceste planuri provoacă deplasarea endolimfei numai în canalele semicirculare dispuse în planul respectiv; este excitat organul cupular al unui canal și inhibat cel al canalului omolog contralateral. Acest model de stimulare-inhibare stă la baza informării centrilor asupra sensului și planului mișcării rotatorii suferite de cap (fig. 94). Prin combinarea impulsurilor sosite de la cele trei perechi de canale semicirculare, centrii nervoși iau cunoștință, în orice moment, de mișcarea circulară efectuată.

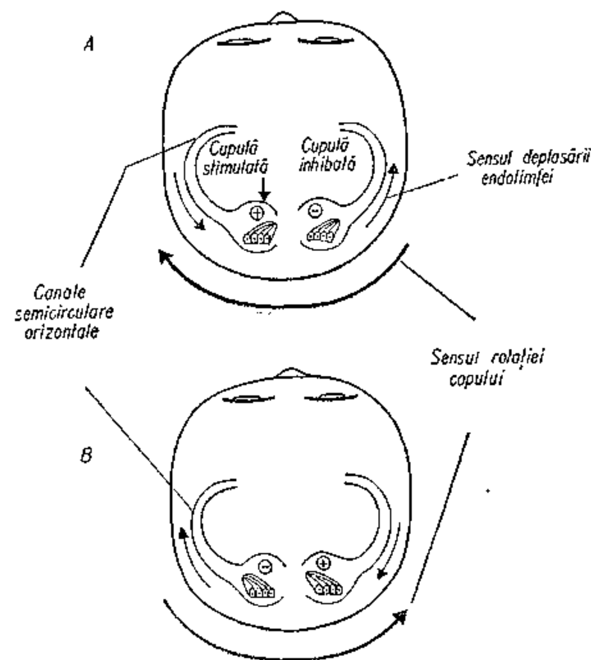


Fig. 94. Modul de funcționare al canalelor semicirculare.

Rolul nucleilor vestibulari. Potențialele de acțiune generate de nivelul receptorilor vestibulari sînt transmise de primul neuron senzitiv al căii vestibulare pînă la nucleii vestibulari bulbari unde se află al 2-lea neuron senzitiv. De aici stimulii vestibulari se răspîndesc în mai multe direcții: spre arhicerebel, pentru menținerea automată a echilibrului; spre formația reticulată a trunchiului cerebral și spre neuronii motori gama din măduva spinării, pentru reglarea tonusului muscular și a posturii corpului; spre nucleii motori ai nervilor oculari, asigurînd fixarea ochilor în timpul mișcărilor rotatorii ale capului; spre talamus și mai departe la scoarța cerebrală, asigurînd senzația vestibulară conștientă. Proiecția corticală a analizatorului vestibular este la nivelul peretelui superior al șanțului Sylvius (lobul parietal), în vecinătatea ariilor acustice din girul temporal superior.

9. FIZIOLOGIA ANALIZATORULUI OLFACTIV

Mirosul este unul din simțurile speciale ale omului și animalelor. Senzația de miros ajută la procurarea și selectarea hranei, previne pe animal de eventualii dușmani, contribuie la găsirea și recunoașterea partenerului sexual, favorizează reflexele secretorii digestive, permite evitarea locurilor cu aer viciat etc.

Omul poate distinge mii de mirosuri diferite (3 000—4 000). Există un număr de peste 50 de mirosuri primare sau fundamentale din a căror combinare, în proporții diferite, poate rezulta întreaga diversitate de senzații olfactive.

Principalele mirosuri primare sînt mirosul înțepător, mirosul putrid, mirosul de camfor, de mosc, mirosul eteric, mirosul de flori și mirosul mentolat. Corespunzător fiecărui tip de miros primar există cîte un tip diferit de receptori olfactivi care reacționează cu predilecție la anumite substanțe chimice. Unii contestă totuși existența receptorilor specifici de miros.

Pentru a produce miros, o substanță trebuie să fie volatilă și să se dizolve în lichidul vîscos ce acoperă mucoasa olfactivă. Acuitatea olfactivă a omului este de mii de ori mai slabă ca a mamiferelor. Perceperea mirosurilor este cu atît mai bună cu cît interacțiunea dintre substanța mirositoare (odorantă) și receptorii olfactivi se face mai brusc și durează un timp mai scurt. Dacă acțiunea substanței odorante se prelungește în timp, senzația de miros diminuă pînă la dispariție. Aceasta reprezintă *adaptarea receptorilor* de miros. Pentru a evita acest fenomen, animalele prezintă instinctiv un comportament special de adulmecare, cu inspirații bruște, scurte și repetate, însoțite de rotații ale capului în diferite direcții, precizînd cu exactitate despre ce miros este vorba și dincotro vine.

Adaptarea receptorilor este specifică numai pentru mirosul respectiv. Dacă în momentul adaptării mirosului pentru un parfum, oferim subiectului un altul, acesta simte imediat mirosul nou. Sensibilitatea receptorilor olfactivi ai omului este diferită pentru diferite substanțe. O sensibilitate foarte mare o avem pentru mercaptan, pe care-l simțim chiar la concentrații de 1×10^{-10} mg la 1 m^3 aer! De aceea, mercaptanul se amestecă în proporții infime cu gazul metan, servind ca semnal de avertizare în caz de fisuri ale rețelei de distribuție a gazelor.

În urma interacțiunii dintre substanța odorantă și receptorii olfactivi, se naște un potențial receptor care se transmite spre centrii olfactivi corticali și subcorticali unde ia naștere senzația de miros. S-a stabilit că prin fibrele tractului olfactiv circulă continuu potențiale electrice, a căror grupare pe frecvențe și serii de impulsuri, este interpretată de centrii corticali drept senzații particulare de miros.

Testarea acuităţii olfactive se numeşte olfactometrie. Acuitatea olfactivă e cu atît mai mare cu cît subiectul percepe un miros la o concentraţie cît mai mică a substanţei în aerul inspirat. Unele substanţe, ca amoniacul pot fi mirosite şi cu ajutorul terminaţiilor senzitive ale nervului trigemen. De aceea, persoanele care şi-au pierdut mirosul în urma atrofierii mucoasei olfactive, pot percepe în continuare mirosul de amoniac. Dispoziţia mirosului se însoţeşte şi de tulburări ale gustului.

10. FIZIOLOGIA ANALIZATORULUI GUSTATIV

Gustul este un simţ special, care permite selectarea hranei, evitarea alimentelor alterate sau caustice, participînd şi la elaborarea unor reflexe secretorii digestive. Pentru a fi gustate, substanţele chimice din alimente trebuie să se dizolve în salivă ce scaldă receptorii gustativi. Aceştia sînt chemoreceptori ce interacţionează specific cu substanţele sapide.

Calităţile gustului. Omul poate distinge cîteva sute de gusturi. Fiecare tip de senzaţie gustativă rezultă din combinarea a cel puţin patru senzaţii gustative primare sau fundamentale, cărora le corespund patru tipuri de receptori gustativi:

1. Senzaţia de dulce. Este dată de numeroase clase de substanţe între care zaharurile. Intensitatea senzaţiei de dulce variază de la o substanţă la alta. Astfel, zaharina, un produs sintetic, este de 600 ori mai dulce ca zahărul. Receptorii gustativi pentru dulce sînt situaţi, în special, spre vîrful limbii.

2. Senzaţia de sărat, provocată de sărurile metalelor alcaline şi în special de către NaCl. Receptorii gustativi pentru sărat sînt situaţi mai ales pe faţa dorsală, spre vîrful limbii.

3. Senzaţia de acru (acid) este dată de acizii organici şi anorganici. Este proporţională cu tăria acidului. Receptorii senzaţiei de acid sînt situaţi pe marginile limbii.

4. Senzaţia de amar este provocată de substanţe diverse, ca nicotina, cafeina şi chinina. Receptorii pentru amar sînt situaţi la baza limbii, la nivelul papilelor circumvalate. Fiecare tip de receptor gustativ răspunde la cel puţin 2 tipuri de substanţe sapide, proprietate ce permite potenţarea gusturilor prin combinare de dulce cu sărat etc. Un rol în recepţia gustativă îl au laringele şi epiglota, precum şi receptorii tactili şi termici din mucoasa bucală. Substanţele sapide excită receptorii de gust, producînd apariţia unui influx nervos ce se propagă pe calea gustativă spre centrii corticali ai gustului din lobul parietal, aria 43. Aici ia naştere senzaţia de gust.

Ca şi senzaţiile olfactive, cele de gust se adaptează rapid. Gustul unui aliment ingerat îl simţim cel mai bine la primul contact cu acesta. Prin adaptare, acuitatea gustativă scade foarte mult. Dacă vrem să repetăm degustarea trebuie să intercalăm o altă substanţă sau să deplasăm mereu alimentele în cavitatea bucală, punîndu-le în contact cu alţi receptori.

Importanţa gustului. Omul îşi poate alege alimentele după preferinţe şi după trebuinţe. Se ştie că atunci cînd organismul e lipsit de sare, apare impulsul de a consuma preferenţial alimente sărate. Acest comportament alimentar este foarte evident la erbivore. Acestea ling sau chiar rod zidăria caselor, dacă nu au suficientă sare în dietă. Senzaţiile gustative pierd foarte mult din intensitate şi varietate în lipsa celor olfactive asociate. Împreună cu olfacţia, gustul are şi o componentă emoţională, contribuind la elaborarea unor stări afective complexe de plăcere şi neplăcere.

XVII. SISTEMUL ENDOCRIN

G l a n d e l e c u s e c r e ț i e i n t e r n ă sînt formate din epitelii secretorii, ale căror celule produc substanțe active numite hormoni, pe care îi varsă direct în sînge.

Hormonii sînt substanțe chimice specifice care acționează la distanță de locul sintezei, produc efecte caracteristice și corectează tulburările ce survin consecutiv extirpării glandei care îi secretă. Se consideră glande endocrine următoarele organe: hipofiza, suprarenala, tiroida, paratiroidele, testiculul, ovarul, pancreasul insular, timusul, epifiza și placenta (temporar).

Există și alte organe care, în afara funcției lor principale au și rol endocrin: glandele parotide secretă parotina, antrul piloric secretă gastrina, duodenul secretă 6—8 hormoni cu rol în reglarea activității secretorii și motorii a aparatului digestiv, rinichiul secretă renina și eritropoetina etc.

În ultima vreme a fost evidențiată activitatea secretorie a unor neuroni hipotalamici și ale altor organe nervoase, proces numit neurosecreție, care reprezintă tot o funcție endocrină. În lumina acestor date, sistemul endocrin este conceput ca un sistem anatomo-funcțional complex, coordonat de sistemul nervos, avînd rolul de a regla și coordona pe cale umorală activitatea diferitelor organe pe care le integrează în ansamblul funcțiilor organismului.

În cadrul reglării cibernetice globale a funcțiilor corpului uman, sistemul endocrin are rol de canal umoral de transmitere a comenzilor de la centri la efectori (fig. 95). Principalul rol al glandelor endocrine constă în reglarea metabolismului celular.

Hormonii sînt mesageri chimici de ordinul întîi. Ei sînt eliminați permanent în mediul intern, a cărei parte circulantă — sîngele — îi transportă spre toate celulele corpului. Aici unii hormoni (în special cei proteici) interacționează cu receptorii biochimici din membranele celulare. În urma acestei interacțiuni rezultă mesageri chimici de ordinul al 2-lea (Adenozin monofosfatul ciclic — AMP) care provoacă modificările metabolice și funcționale celulare. Alți hormoni (cei sterolici) pătrund în citoplasma celulei și în nucleu unde interacționează cu materialul gene-

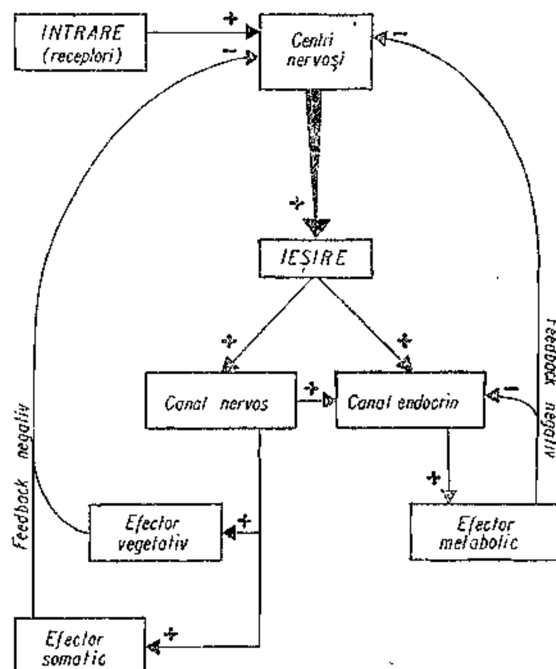


Fig. 95. Locul sistemului endocrin în sistemul de reglare a funcțiilor.

tic, stimulînd biosinteza proteinelor și enzimelor. Există o secreție endocrină bazală continuă și una de ocazie, provocată de numeroși factori de mediu extern și intern.

Hipofiza

Este o glandă cu secreție internă, localizată la baza encefalului, înapoia chiasmei optice, în șaua turcească. Hipofiza (glanda pituitară) are dimensiunile unui bob de fasole și formă ovală. Cîntărește 500 mg. Este alcătuită din trei lobi: anterior, mijlociu (intermediar) și posterior. Lobul anterior și cel intermediar constituie adenohipofiza iar lobul posterior, neurohipofiza.

Adenohipofiza derivă, embriologic, din ectodermul gurii primitive iar neurohipofiza se dezvoltă din podeaua ventriculului al 3-lea avînd, ca și hipotalamusul, origine nervoasă. Adenohipofiza conține celule cromofobe și cromofile. Acestea din urmă sînt de două feluri: acidofile și bazofile. Celulele secretorii formează parenchimul glandei. Ele sînt dispuse în cordoane epiteliale. Între celule se află o bogată rețea capilară și de fibre reticulinice care alcătuiesc, împreună, stroma conjunctivo-vasculară a glandei. Adenohipofiza mai conține și o rețea de fibre nervoase amielinice. Lobul anterior este partea cea mai dezvoltată a glandei: el reprezintă 75% din masa hipofizei, în timp ce lobul intermediar reprezintă numai 2%, fiind redus la o simplă lamă epitelială, aderentă de lobul posterior.

Lobul posterior este format dintr-o stromă conjunctivo-vasculară în ochiurile căreia se găsesc numeroase celule nevroglice transformate, unele tipuri celulare din adenohipofiză precum și fibrele nervoase ale tractului hipotalamo-hipofizar. Celulele neurohipofizei sînt încărcate cu granule de neurosecreție hipotalamică.

Între hipofiză și hipotalamus sînt relații strînse atît anatomice cît și funcționale. Anatomic, hipofiza este legată de planșeul ventriculului al III-lea prin tija pituitară. Între eminența mediană a hipotalamusului și adenohipofiză, există o legătură vasculară reprezentată de sistemul port-hipotalamo-hipofizar descris de anatomistul român Grigore T. Popa, împreună cu Fielding. Între hipotalamusul anterior și neurohipofiză există tractul nervos hipotalamo-hipofizar format din axonii neuronilor nucleilor supraoptici și paraventriculari. Prin aceste legături vasculare și nervoase și prin produșii de neurosecreție, hipotalamusul controlează și reglează secreția hipofizei iar prin intermediul acesteia, coordonează activitatea întregului sistem endocrin (fig. 96).

Controlul hipotalamic se realizează prin intermediul unor hormoni produși în neuronii acestui organ, prin pro-

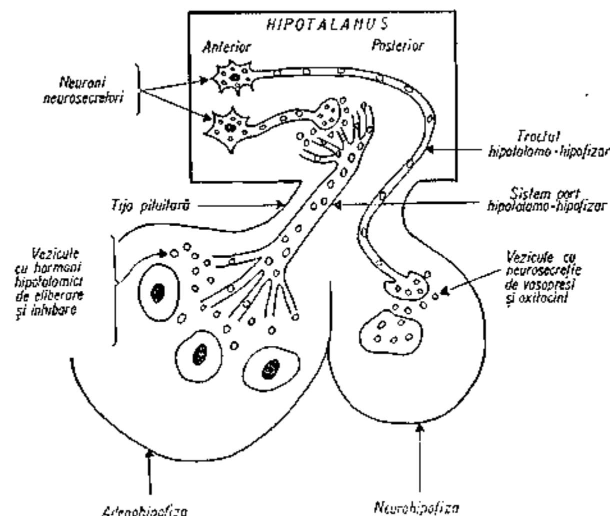


Fig. 96. Relații anatomice hipotalamo-hipofizare.

cesul de *neurosecreție*. Hipotalamusul este, în același timp, și glandă endocrină și centru nervos de reglare a funcțiilor vegetative (fig. 97).

Hipotalamusul secretă trei feluri de hormoni: de inhibare a adenohipofizei, de stimulare a adenohipofizei și hormonii ce se depun în neurohipofiză (vezi reglarea secreției de hormoni hipofizari).

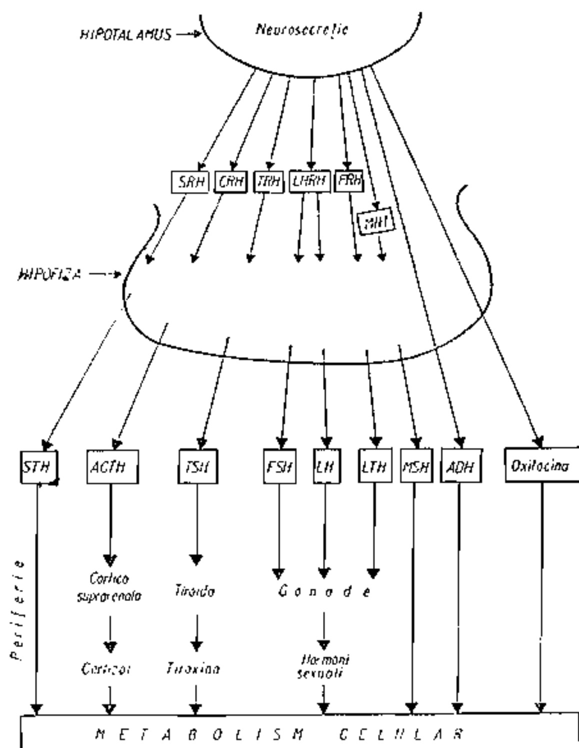


Fig. 97. Relații funcționale hipotalamo-hipofizare.

Andenohipofiza

Este situată în partea anterioară dar se întinde și posterior, înconjurînd aproape complet neurohipofiza.

Celulele cromofobe sînt celule în repaus secretor, din care derivă cromofilele. Celulele acidofile secretă hormonul somatotrop (STH) și prolactina (hormonul mamotrop =LTH) iar celulele bazofile secretă hormonii glandulotropi (ACTH, FSH, LH, TSH).

Hormonii adenohipofizei sînt în număr de 6. Majoritatea dintre ei au fost izolați în stare pură, li s-a identificat structura și unii au fost chiar sintetizați.

Hormonul somatotrop (STH), denumit și hormon de creștere, este secretat de celulele acidofile. STH stimulează creșterea, împreună cu insulina, hormonii tiroidieni și gonadici. STH determină o retenție de săruri de Ca, Na, K și P, precum și de substanțe azotate.

Acțiunea STH este de a stimula creșterea armonioasă a întregului organism. STH stimulează condrogeneza la nivelul cartilajelor de creștere metafizare, determinînd creșterea în lungime a oaselor. După pubertate, STH produce îngroșarea oaselor lungi și dezvoltarea oaselor late. Stimulează creșterea mușchilor și a viscerelor, cu excepția creierului. Mecanismul de acțiune al acestui hormon constă în stimularea biosintezei proteice la nivelul tuturor țesuturilor prin activarea transportului aminoacizilor în interiorul celulei. Intensifică oxidarea lipidelor și produce cetogeneză. Are efect de cruțare a utilizării glucidelor, activează glicogenoliza și produce hiperglicemie și glicozurie (efect contrainsular, diabetogen).

Hipersecreția acestui hormon are consecințe asupra dezvoltării somatice și consecințe metabolice. Consecințele somatice diferă. Dacă hipersecreția de STH a survenit înainte de pubertate se produce gigantismul. Individul atinge talii de peste 2 metri, prin creșterea exa-

gerată în lungime a extremităților. Intelectul nu este afectat. După pubertate, se produce acromegalia, caracterizată prin creșterea exagerată a oaselor feței, a mandibulei, a oaselor late, în general, îngroșarea buzelor, creșterea viscerelor (inimă, ficat, rinichi, limbă) și creșterea exagerată a mîinilor și picioarelor. Consecințele metabolice ale hipersecreției de STH sînt mai exprimate la adult. Se produce o hiperglicemie permanentă care determină epuizarea celulelor beta din pancreas și se instalează diabetul zaharat hipofizar. Exagerarea catabolismului lipidic duce la creșterea corpilor cetonici și acidoză metabolică.

Hiposecreția produce, la copil, oprirea creșterii somatice dar nu a celei neuropsihice. Boala se numește piticism (nanism) hipofizar. Indivizii sînt de talie mică, 1,20—1,30 m, dar proporționat dezvoltați și cu intelectul normal.

Reglarea secreției de STH se face sub controlul hipotalamic. Acesta secretă un hormon de eliberare a somatotropului și altul de inhibare (somatostatină). Hipoglicemia, inaniția, dar și unii aminoacizi, cresc secreția de STH.

Hormonul adrenocorticotrop (ACTH=corticotropina)

Este secretat de celulele bazofile. Este un polipeptid format din 39 aminoacizi și a fost preparat sintetic.

Acțiunea acestui hormon este de a stimula activitatea secretorie a zonelor fasciculată și reticulată a glandei corticosuprarenale. Produce creșterea concentrației sangvine a glucocorticoizilor și a hormonilor adrenogenitali. Asupra secreției de mineralocorticoizi, efectele ACTH sînt mai reduse. În afara acțiunii indirecte, ACTH stimulează direct melanogeneza și expansiunea pigmentului melanic în celulele pigmentare (melanocite), producînd bronzarea pielii.

Hipersecreția de corticotropină produce atît efectele excesului de glucocorticoizi (exagerarea catabolismului proteic, hiperglicemie, obezitate) cît și efectele melanocito-stimulatoare, pigmentarea pielii (diabet bronzat). Aceste modificări se întîlnesc în *boala lui Cushing*, provocată de tumori ale celulelor bazofile.

Hipersecreția de ACTH produce efectele deficitului de glucocorticoizi (vezi corticosuprarenala). Secreția de ACTH este controlată de hipotalamus prin CRH hormon de eliberare a corticotropinei și de glucocorticoizi prin feedback negativ.

Hormonul tireotrop (tireostimulina=TSH)

Secretat de celulele bazofile, stimulează secreția de hormoni tiroidieni. Efectele administrării TSH sînt indirecte, fiind mediate de tiroxină și triiodotironină. TSH stimulează atît captarea iodului de către celulele foliculului tiroidian cît și sinteza și eliberarea hormonilor iodați din molecula de tireoglobulină.

Hipersecreția de TSH duce la hipertiroidism și boala Basedow, iar hiposecreția duce la insuficiență tiroidiană. Secreția de TSH este reglată de hipotalamus și de nivelul tiroxinei sangvine. Hipotalamusul secretă un hormon de eliberare a tireostimulinei (TRH).

Hormonii gonadotropi (gonadostimulinele). Sînt un grup de trei hormoni, care controlează funcția gonadelor și secreția glandei mamare la femeie.

Hormonul foliculostimulant (FSH), numit și prolan A, este secretat de celulele bazofile. La bărbat stimulează dezvoltarea tubilor seminiferi și a spermatogenezei iar la femeie determină creșterea și maturarea foliculului de Graaf și secreția de estrogeni.

Hormonul luteinizant (L.H.), numit și prolan B, este secretat de celulele bazofile. Acționează la bărbat prin stimularea secreției de androgeni de către celulele interstițiale ale testiculului și de aceea se mai numește ICSH. La femeie determină ovulația și apariția corpului galben, a cărui secreție de progesteron și estrogeni ~~o stimulează în[illegible] LTH~~. Hipotalamusul stimulează secreția de LH

Hormon luteotrop = prolactina = mamotrop

și FSH printr-un hormon de eliberare a gonadotropinei (LHRH).

Hormonul luteotrop (LTH sau prolactina), numit și hormonul mamotrop, este secretat de celulele acidofile. Nu se cunoaște acțiunea acestui hormon la bărbat. La femeie stimulează funcția secretorie a corpului galben, pregătită în prealabil sub influența LH. Stimulează, de asemenea, secreția lactată. Secreția de prolactină este inhibată de hipotalamus prin hormonul PIH și stimulează prin PRH.

Reglarea secreției de hormoni adenohipofizari se face printr-un mecanism de autoreglare de tip feed-back negativ.

Rolul cel mai important îl are hipotalamusul ai cărui neuroni secretă o serie de oligopeptide, numiți hormonii de eliberare și de inhibare. Ei ajung pe calea axonilor pînă în eminența mediană de unde, pe calea sistemului port-hipotalamo-hipofizar ajung la adenohipofiză. Pentru fiecare tip de hormon adenohipofizar, hipotalamusul secretă cîte un factor specific de eliberare (RH=releasing hormon) sau inhibare (IH=inhibiting hormon).

Cantitatea de RH eliberată de hipotalamus este, în funcție de concentrația sangvină, a hormonilor hipofizari sau ai glandelor periferice pe care hipofiza le stimulează.

Cînd concentrația acestor hormoni crește în sînge, are loc blocarea hormonilor de eliberare și stimularea hormonilor de inhibare, iar cînd concentrația hormonilor hipofizari sau ai glandelor periferice scade, neurosecreția hipotalamică își inversează sensul. Din echilibrul acestor mecanisme rezultă o funcție normală a tuturor glandelor endocrine. În același timp, secreția hipotalamică este influențată direct pe cale nervoasă prin stimuli veniți de la sistemul limbic, sau reflex, prin stimulii veniți de la receptori (fig. 98).

Lobul intermediar. Reprezintă 2% din masa hipofizei. Anatomic, face parte din adenohipofiză. El secretă un hormon de stimulare a pigmentogenezei numit hormon melanocitostimulant (MSH).

Hipotalamusul secretă un hormon de inhibare a melanocitostimulinei.

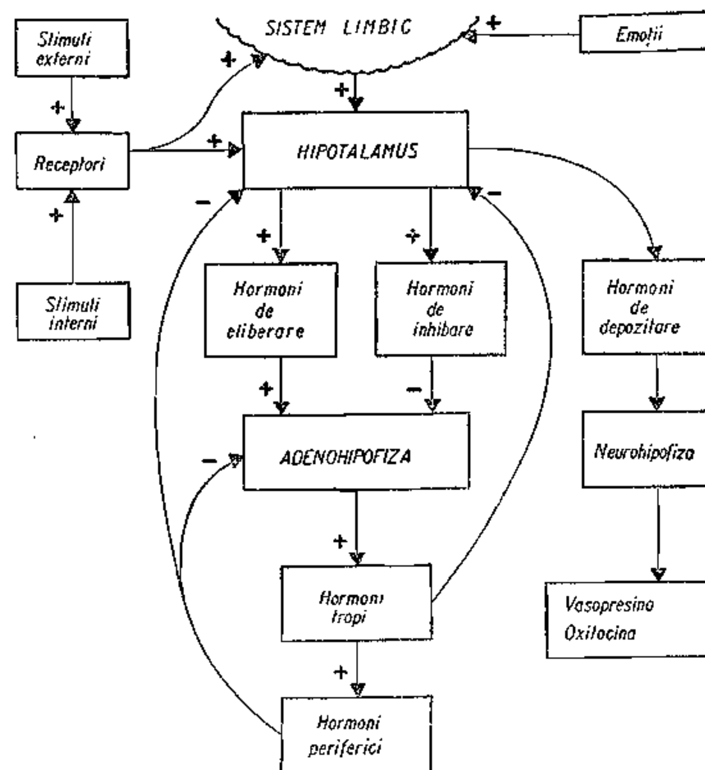


Fig. 98. Controlul nervos al funcției hipofizei.

LOBUL POSTERIOR (NEUROHIPOFIZA)

Ontogenetic, neurohipofiza se dezvoltă din planşeul ventriculului al III-lea, iar anatomic şi funcţional este legat de hipotalamus prin axonii tractului hipotalamo-hipofizar.

Hormonii eliberaţi în circulaţie de către neurohipofiză sînt vasopresina şi oxitocina. Ei sînt, de fapt, secreţaţi în hipotalamusul anterior (nucleii supraoptici şi paraventriculari). De aici pe calea axonilor tractului hipotalamo-hipofizar ajung în lobul posterior unde se depozitează. Eliberarea în circulaţie a acestor hormoni se face sub influenţa hipotalamusului.

Vasopresina, denumită şi hormonul antidiuretic (ADH), este un peptid cu lanţ scurt de aminoacizi (8). Acţiunea sa principală este creşterea absorbţiei facultative de apă la nivelul tubilor distali şi colectori ai nefronului. În afară de reducerea şi concentrarea urinii, ADH produce şi reducerea secreţiilor tuturor glandelor exocrine şi prin aceasta, contribuie la menţinerea volumului lichidelor organismului. În doze mari, ADH produce vasoconstricţie.

Hiposecreţia acestui hormon determină pierderi mari de apă, în special prin urină, a cărei cantitate poate ajunge pînă la 20 l/24 ore. Boala se numeşte diabet insipid. Survine în leziuni ale hipotalamusului sau ale neurohipofizei.

Reglarea secreţiei de ADH se face de către hipotalamus care primeşte impulsuri de la osmoreceptori (receptori sensibili la variaţiile presiunii osmotice a mediului intern) şi volumreceptori (receptori sensibili la variaţiile volumului lichidelor corpului). Creşterea presiunii osmotice sau scăderea volumului sangvin excită secreţia de vasopresină. Variaţiile inverse ale acestor parametri inhibă eliberarea vasopresinei.

Oxitocina (Ocitocina) este tot un hormon peptidic cu 8 aminoacizi.

Acţiunea oxitocinei este de a contracta musculatura netedă a uterului gravid, favorizînd naşterea. Produce, de asemenea, contracţia pereţilor canalelor galactofore şi expulzia laptelui, fapt ce ajută la alăptarea puilor.

Reglarea secreţiei de oxitocină o face hipotalamusul care primeşte stimuli excitatori de la organele genitale interne sau de la receptorii din tegumentele glandei mamare. În lipsa secreţiei de oxitocină, naşterea se produce dificil iar alăptarea puilor este imposibilă.

GLANDELE SUPRARENALE

Sînt două glande situate la polii superiori ai rinichilor. Fiecare este formată dintr-o porţiune corticală şi una medulară, diferite din punct de vedere embriologic, anatomic şi funcţional.

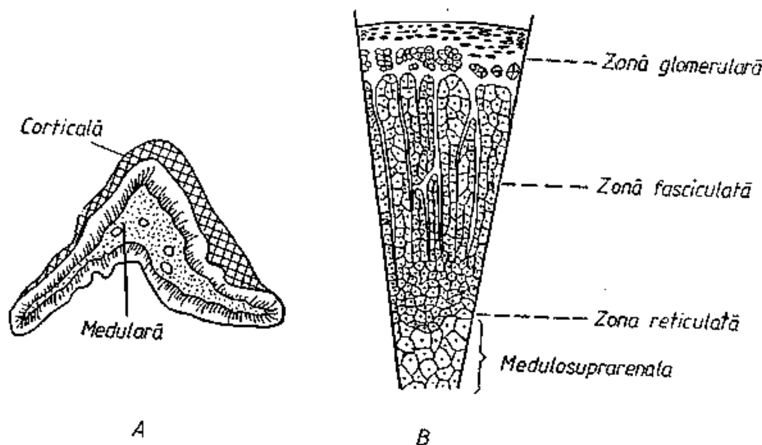


Fig. 99. Structura suprarenalelor.

Corticala este dispusă la periferie și înconjoară complet zona medulară Epiteliul secretor al corticalei este dispus în trei zone: zona glomerulară la periferie, zona fasciculată, la mijloc și zona reticulată, la interior, în contrast cu medulara. Medulosuprarenala este formată din celule mari, de formă ovală, ce prezintă granule de neurosecreție (fig. 99).

Corticosuprarenala (CSR)

Hormonii secretați de corticosuprarenală sînt de natură lipidică. Ei au o structură sterolică (provin din colesterol).

Rolul hormonilor steroizi este vital. Îndepărtarea glandelor suprarenale duce la moartea animalelor în cîteva zile. Aceste animale pot fi menținute mult timp în viață dacă sînt tratate prin injecții cu extract de glandă CSR. În funcție de acțiunea principală exercitată de acești hormoni, ei sînt împărțiți în trei grupe:

Mineralocorticoizii, cu reprezentantul principal a l d o s t e r o n u l. Sînt secretați de zona glomerulară. Joacă rol în metabolismul sărurilor minerale determinînd reabsorbția NA^+ în schimbul K^+ sau H^+ pe care-l excretă la nivelul tubilor uriniferi contorți distali. Se produce potasiurie și acidurie. Aldosteronul, prin acțiunea sa de reținere a Na^+ în organism, are rol în menținerea presiunii osmotice a mediului intern al organismului și a volumului sangvin, precum și în echilibrul acido-bazic.

R e g l a r e a s e c r e ț i e i de mineralocorticoizi se face prin mai multe mecanisme. Scăderea Na^+ sau creșterea K^+ din sînge, scăderea presiunii osmotice și scăderea volumului sangvin excită secreția de aldosteron, în timp ce creșterea acestora o inhibă. Un rol important îl are renina, secretată de rinichi. Sub influența ei are loc transformarea angiotensinogenului în angiotensină care stimulează secreția de aldosteron. ACTH-ul stimulează și el 20% din secreția de aldosteron.

H i p e r s e c r e ț i a de aldosteron (boala lui Conn) duce la retenție masivă de sare și apă și determină edeme și hipertensiune. H i p o s e c r e ț i a se întîlnește în cazul insuficienței globale a CSR (boala Addison). La acești bolnavi are loc o pierdere de sare și apă, urmată de hipotensiune și adinamie (scăderea capacității de efort).

Glucocorticoizii reprezentați în special de c o r t i z o n și h i d r o c o r t i z o n (cortizol) sînt secretați în zona fasciculată. Circulă în sînge legați de proteinele plasmatice. O mică fracțiune liberă a cortizonului exercită efectele metabolice specifice.

A c ț i u n e a acestora se manifestă în metabolismul intermediar al glucidelor, lipidelor și protidelor. Ei stimulează procesul de sinteză a glucidelor din aminoacizi sau lipide, la nivelul ficatului (gluconeogeneză). Glucocorticoizii au și un rol antiinflamator. Activează catabolismul proteic și lipidic, cresc eliminările de azot.

Alte efecte ale glucocorticoizilor sînt: creșterea numărului leucocitelor și hematiilor dar cu scăderea eozinofilelor (eozinopenie). Crește secreția de pepsină și HCl, inhibă mucusul gastric și intestinal. Inhibă absorbția lipidelor, crește filtrarea glomerulară, cresc diureza prin scăderea permeabilității la apă a tuburilor colectori. Asupra sistemului nervos, glucocorticoizii în exces pot provoca tulburări psihice, incapactitate de concentrare, modificări ale simțurilor (crește acuitatea gustativă și olfactivă) și modificări electroencefalografice.

R e g l a r e a secreției de glucocorticoizi se face de către sistemul hipotalamo-hipofizar printr-un mecanism de feed-back. Sub influența CRH, hipofiza secretă mai mult ACTH iar acesta stimulează secreția de glucocorticoizi. Creșterea concentrației sangvine a cortizolului liber inhibă secreția de CRH iar scăderea, o stimulează. H i -

persecreția de glucocorticoizi determină sindromul lui Cushing în care predomină semnele dereglărilor metabolismelor intermediare. Bolnavii prezintă obezitate, diabet și hipertensiune. Hiposecreția se întîlnește în boala Addison.

Hormonii adrenogenitali (sexoizi) sînt două grupe de hormoni, unii androgeni (asemănători celor secretați de testicul) și alții estrogeni (asemănători celor secretați de ovare). Sînt secretați mai ales în zona reticulară. Acțiunea acestor hormoni completează pe cea a hormonilor sexuali respectivi. Rolul lor se manifestă în special asupra apariției și dezvoltării caracterelor sexuale secundare. Ei determină la băieți creșterea bărbii și mustăților, dezvoltarea laringelui și îngroșarea vocii, dezvoltarea scheletului și masei musculare. La fete, stimulează dezvoltarea glandei mamare, depunerea lipidelor pe șolduri și coapse etc.

Hiposecreția acestor hormoni este compensată de secreția gonadelor. Hipersecreția duce la pubertate precoce cînd se secretă în exces hormonii caracteristici sexului. Cînd sînt secretați în exces hormonii sexului opus, apar semne de masculinizare a femeilor (barbă, mustăți) sau de feminizare a bărbaților (creșterea glandelor mamare etc.).

Reglarea secreției hormonilor adrenogenitali se face prin mecanisme hipotalamo-hipofizare. Rolul cel mai important îl joacă ACTH.

Medulosuprarenala

Reprezintă porțiunea medulară a glandelor suprarenale ce se dezvoltă din ectodermul crestelor ganglionare. Anatomic și funcțional, medulara glandei suprarenale este un ganglion simpatic ai cărui neuroni nu au prelungiri.

Hormonii secretați de medulară se numesc catecolamine. Ei sînt: adrenalina în proporție de 80% și noradrenalina, de 20%. Acțiunea acestor hormoni este identică cu efectele excitației sistemului nervos simpatic. De fapt la terminațiile simpatice din țesuturi se eliberează aceleași catecolamine în proporție inversă. Noradrenalina și în măsură mai redusă adrenalina, sînt mediatori chimici ai S.N. simpatic. Principalele acțiuni ale acestor hormoni și mediatori chimici sînt:

Asupra aparatului cardiovascular produc tahicardie, vasoconstricție și hipertensiune. Crește excitabilitatea inimii. Adrenalina dilată însă vasele musculare și contractă pe cele din piele, mucoase și viscere. Noradrenalina are predominant acțiuni vasoconstrictoare.

Asupra aparatului respirator determină relaxarea musculaturii netede și dilatația bronhiilor.

Asupra tubului digestiv determină relaxarea musculaturii netede a pereților și contracția sfincterelor. Inhibă majoritatea secrețiilor. Contractă splina și ficatul.

Asupra metabolismului glucidic și lipidic produc glicogenoliză și hiperglicemie, mobilizarea grăsimilor din rezerve și catabolismul acizilor grași. Adrenalina are efecte predominant metabolice și energetice.

Alte acțiuni — dilată pupila, contractă fibrele netede ale mușchilor erectori ai firului de păr. Produc alertă corticală, anxietate și frică. Stimulează sistemul reticulat activator ascendent.

Reglarea secreției medulosuprarenalei se face prin mecanisme neuroumorale. Rolul de stimulator îl are S.N. simpatic. Concentrația glucozei din sînge are și ea un rol de reglare. Scăderea glicemiei stimulează secreția de catecolamine iar creșterea glicemiei o diminuă. Stress-ul și suprasolicitările stimulează, de asemenea, secreția medulosuprarenalei. În somn și condiții bazale secreția este scă-

zută. În efort fizic, la frig, în hipotensiune emoții etc. se descarcă secreție MSR. Proporția hormonilor se poate schimba. În stress-uri cu care individul este obișnuit crește noradrenalina, în stress-uri neobișnuite, crește adrenalina.

Hipofuncția medularei este compensată de activitatea S.N. simpatic. Hiperfuncția se întîlnește în tumori ale medularei și este caracterizată prin crize de hipertensiune arterială.

Atît secreția corticalei cît și a medularei suprarenale sînt stimulate în condiții de stress (stări de încordare neuropsihică, de emoții, traumatisme, frig sau căldură excesivă etc.). Acești hormoni au rol important în reacția de adaptare a organismului în fața diferitelor agresiuni externe și interne.

TIROIDA

Este cea mai mare glandă cu secreție internă a organismului. Poartă numele după cartilajul nepereche laringian în dreptul căruia se află.

Tiroida cîntărește 30 g. Este localizată în fața anterioară a gîtului, într-o capsulă fibroasă (loja tiroidei). Glanda are doi lobi laterali uniți între ei prin istmul tiroidian. Țesutul secretor (parenchimul glandular) este format din celule epiteliale organizate în foliculi. Aceștia sînt formațiuni veziculoase conținute în stroma conjunctivo-vasculară a glandei. În interiorul foliculilor tiroidieni se află un material omogen, vîscos, numit *coloid*. Acesta conține tireoglobulină, forma de depozit a hormonilor tiroidieni. Tireoglobulina este o proteină sintetizată de celulele foliculare. Prin iodarea moleculelor de tirozină din structura tireoglobulinei, rezultă hormonii tiroidieni. În tiroida în repaus, foliculii sînt dilatați, ca urmare a acumulării de tireoglobulină. În hiperactivitate, cavitatea foliculară se reduce prin eliberarea în circulație a hormonilor tiroidieni. Între foliculii tiroidieni se găsesc celule speciale numite celule parafoliculare sau celule „C", care secretă calcitonina.

Glanda tiroidă prezintă o vascularizație foarte bogată.

Hormonii secretați de tiroidă sînt derivați iodați ai tirozinei. Dintre toți compușii cu iod de la nivelul coloidului, numai *tiroxina* și *triiodotironina* sînt considerați adevărații hormoni tiroidieni. Ei se află legați la nivelul coloidului, de o proteină, *tireoglobulina*. Tiroxina conține patru atomi de iod în moleculă iar triiodotironina, trei. Sinteza hormonilor și eliberarea lor din coloid în sînge se face sub acțiunea TSH hipofizar.

Acțiunea hormonilor tiroidieni este foarte complexă. Ei influențează procesele *energetice* din organism, intensificînd oxidațiile celulare, cresc metabolismul bazal și consumul de energie. Pe de altă parte, hormonii tiroidieni au un rol deosebit în procesele *morfogenetice*, de creștere și diferențiere celulară și tisulară. Această acțiune se manifestă foarte pregnant la nivelul sistemului nervos. În lipsa tiroidei la batracieni, procesul de metamorfoză din mormoloci, în broaște, nu mai are loc. Invers, dacă se adaugă în apa mormolocilor cantități infime de tiroxină, procesul de metamorfoză se grăbește și în cîteva zile acestea se transformă în broaște pitice. În afară de efectul calorigen (glanda termogenetică), hormonii tiroidieni mai produc o creștere a metabolismului bazal (crește consumul de O_2). Hormonii tiroidieni intensifică oxidările metabolice în toate celulele, cu excepția uterului, testiculelor și creierului. În cazul insuficienței tiroidiene sau după extirparea glandei, consumul de O_2 și metabolismul bazal scad. Ele pot fi readuse la valori normale prin administrarea de hormoni tiroidieni. Triiodotironina acționează mai rapid și mai puternic decît tiroxina. Efectele maxime ale tiroxinei apar la 2—3 săptămîni de la administrare.

Hormonii tiroidieni accentuează metabolismul proteinelor, în special latura catabolică, producînd creşterea eliminărilor de azot. Scad colesterolemia, reduc depozitele lipidice prin activarea lipolizei şi oxidării acizilor graşi. Are loc scăderea ponderală a individului. În anumite limite stimulează activitatea gonadelor. Menţin secreţia lactată împreună cu prolactina, stimulează creşterea împreună cu somatotropul. Cresc glicemia prin stimularea absorbţiei glucozei şi a glicogenolizei. Cresc, în acelaşi timp, arderea glucozei în ţesuturi.

La om, hipofuncţia tiroidiană duce la consecinţe variabile în funcţie de vîrstă. Dacă survine la copilul mic, se produce o încetinire a dezvoltării somatice şi psihice care poate merge pînă la cretinism. Dacă survine la adult, se produce doar o diminuare a atenţiei, memoriei şi capacităţii de învăţare. Indiferent de vîrstă, procesele energetice sînt reduse, metabolismul bazal este scăzut iar ţesuturile sînt îmbibate cu un edem mucos (mixedem, pielea uscată, îngroşată, căderea părului, senzaţie de frig).

Hiperfuncţia tiroidiană se întîlneşte în boala lui Basedow. Este caracteristică prin creşterea metabolismului bazal cu +100%, ieşirea globilor oculari din orbite (exoftalmie) şi tulburări din partea principalelor funcţii. La nivelul aparatului cardiovascular apar semnele unei hiperfuncţii simpatice (tahicardie, hipertensiune) iar la nivelul tubului digestiv, semnele unei hiperactivităţi parasimpatice (hipersecreţie, accelerarea motilităţii). Activitatea sistemului nervos poate suferi modificări de la o simplă nervozitate pînă la stări de insomnie şi anxietate. Bolnavii, deşi consumă multe alimente, pierd totuşi din greutate, ca urmare a creşterii arderilor celulare. Pielea este caldă, umedă.

O altă afecţiune a glandei tiroide, întîlnită mai frecvent în regiunile muntoase, este *guşa endemică*. Guşa este o creştere anatomică a glandei, în special a stromei conjunctive, însoţită de obicei de hipofuncţie. Cauza guşei o reprezintă prezenţa în alimente şi apa de băut a unor substanţe chimice oxidante, numite substanţe *guşogene*.

Acţiunea acestora se exercită în mod negativ producînd hipertrofia glandei numai în regiunile sărace în iod. Administrarea iodului sub formă de tablete sau de sare de bucătărie iodată, previne apariţia guşei la locuitorii regiunilor guşogene. Combaterea guşei endemice este o problemă de mare importanţă medicală şi socială. Guşaţii fiind hipotiroidieni, au un nivel intelectual scăzut şi dau descendenţi ce pot prezenta grave deficite mintale (cretinism).

Şcoala românească de endocrinologie (C. I. Parhon şi elevii săi) a adus mari contribuţii la eradicarea guşei endemice.

Explorarea funcţiei tiroidiene se poate face prin determinarea metabolismului bazal şi prin utilizarea iodului radioactiv a cărui captare de către tiroidă creşte în hiperfuncţia şi scade în hipofuncţia tiroidei.

Reglarea secreţiei tiroidei se face printr-un mecanism de feed-back hipotalamo-hipofizo-tiroidian. Hipotalamusul secretă TRH care, ajuns prin sistemul port la adenohipofiză, determină eliberarea de TSH. Acesta stimulează secreţia de hormoni iodaţi. Creşterea concentraţiei plasmatice a hormonilor tiroidieni inhibă secreţia hipotalamică a TRH şi pe cea hipofizară de TSH. Mecanismul acestei reglări este valabil pentru toate glandele endocrine controlate de hipofiză (fig. 100).

Tireocalcitonina. La nivelul tiroidei şi paratiroidelor, au fost puse în evidenţă celule diferite de restul epiteliului glandular, numite celule „C". Ele secretă un hormon hipocalcemiant (care ajută la fixarea Ca^{++} în oase), numit calcitonină (vezi paratiroidele).

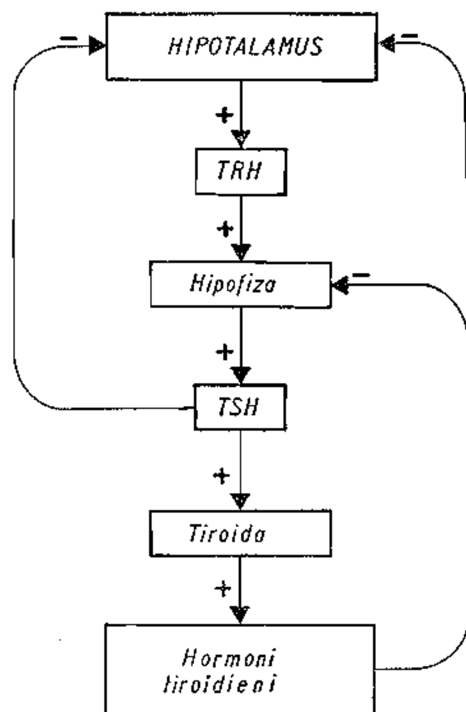


Fig. 100. Reglarea secreției tiroidiene.

PARATIROIDELE

Sînt patru glande mici, situate cîte două pe fața posterioară a lobilor tiroidieni, în afara capsulei acesteia. Epiteliul secretor este reprezentat de două tipuri de celule dispuse în cordoane sau formînd mici foliculi: celule principale ce secretă parathormonul, și celule parafoliculare, identice cu celulele „C" de la tiroidă. Acestea secretă calcitonina.

Parathormonul (PTH) este un polipeptid. Efectele sale constau în creșterea calcemiei, creșterea pierderilor de fosfor prin urină (fosfaturie) și scăderea fosfatemiei. PTH stimulează absorbția intestinală a calciului și reduce eliminările urinare ale acestuia. Se produce o demineralizare osoasă prin stimularea osteoclastelor. În caz de hipersecreție (în tumori secretante) are loc rarefierea oaselor care pot prezenta fracturi spontane, iar calciul aflat în exces în sînge, se depune în țesuturi sau formează calculi urinari. Parathormonul acționează și prin intermediul vitaminei D_3 (colecalciferol) a cărei hidroxilare la nivelul rinichilor nu se face în lipsa hormonului paratirodian.

Calcitonina, descoperită recent, are acțiune opusă parathormonului. Sub influența ei are loc mineralizarea normală a osului și scăderea Ca din sînge. Lipsa calcitoninei duce la demineralizarea excesivă a osului.

În mod normal există un echilibru al celor două secreții. **Reglarea** se face pe cale umorală, în funcție de echilibrul fosfocalcic din sînge. Creșterea calcemiei stimulează secreția de calcitonină iar scăderea calcemiei stimulează secreția de parathormon. Reglarea este independentă față de stimulii nervoși sau de secreția hipofizară. Un rol secundar în stimularea secreției de PTH îl are creșterea fosfatemiei.

În cazul variațiilor calciului sangvin se produc modificări ale excitabilității neuromusculare. Scăderea calcemiei sub 8 mg% duce la hiperexcitabilitate, însoțită de spasme, contracții musculare și convulsii. Spasmul laringelui poate produce moartea prin asfixie. Aceste simptome apar deseori în boala numită *tetanie paratireoprivă*, cauzată de extirparea accidentală a glandelor (calcemia scade, fosfatemia crește).

GLANDELE SEXUALE

Testiculul (gonada masculină) şi ovarul (gonada feminină) sînt glande mixte exo- şi endocrine.

TESTICULUL

Îndeplineşte în organism două funcţii.

Funcţia spermatogenetică. Aceasta este funcţia sa exocrină. Spermatogeneza are loc la nivelul tubului seminifer. Procesul se desfăşoară în mai multe etape de diviziune ecvaţională şi apoi reducţională, pornind de la celule primordiale — spermatogonii — cu număr diploid de cromozomi şi ajungînd la celulele mature, gameţii masculini — spermiile — cu număr haploid de cromozomi. Spermiile se înmagazinează în epididim şi veziculele seminale. Sînt eliminaţi prin ejaculare. Spermatogeneza este stimulată de FSH.

Secreţia internă

Celulele interstiţiale testiculare Leydig secretă hormonii androgeni, al căror reprezentant principal este *testosteronul*. Testiculul secretă şi un procent redus de estrogeni.

Testosteronul este un hormon lipidic, cu structură sterolică.

Acţiunea sa constă în stimularea creşterii organelor genitale masculine şi apariţia caracterelor sexuale secundare la bărbat: dezvoltarea scheletului şi muşchilor; modul de implantare a părului; vocea; repartiţia topografică a grăsimilor de rezervă. Testosteronul este un puternic anabolizant proteic. El are şi efecte de menţinere a tonusului epiteliului spermatogenetic.

Reglarea secreţiei de testosteron se face printr-un mecanism de feed-back negativ, sub influenţa L.H. hipofizar.

Hipersecreţia acestui hormon duce la pubertate precoce iar hiposecreţia, la infantilism genital. Spermatogeneza este stimulată de FSH.

OVARUL

Prezintă, ca şi testiculul, o dublă activitate.

Formarea foliculilor maturi şi ovulaţia

Fiecare ovar conţine la naştere cîteva sute de mii de foliculi primordiali. Din aceştia, numai 3—400, cîte unul pe lună, începînd cu pubertatea şi terminînd cu menopauza, vor ajunge la maturaţie. Procesul de creştere şi maturaţie foliculară este ciclic. Ciclul ovarian este însoţit de modificări la nivelul uterului, vaginului, glandelor mamare. Durata medie a unui ciclu genital la femeie este de 28 zile şi de aceea el se mai chiamă ciclu menstrual. Schematic distingem în cadrul ciclului ovarian două perioade:

perioada preovulatorie, care durează din ziua 1 pînă în ziua 14-a a ciclului;

perioada postovulatorie ce se întinde din ziua a 15-a pînă în prima zi a menstruaţiei, după care ciclul se reia.

În perioada preovulatorie au loc mitoze ecvaţionale şi reducţionale la nivelul ovocitului. Acesta străbate mai

multe etape de la ovogonie cu număr diploid de cromozomi la ovulul matur care are formulă haploidă. Pe măsură ce ovulul se maturează, apare o cavitate la nivelul foliculului ovarian, care se umple cu lichid folicular. În ziua a 14-a, foliculul se rupe și ovulul este expulzat în cavitatea abdominală (ovulație) de unde este preluat de trompa uterină. După ovulație, foliculul ovarian se transformă în corp galben. Creșterea și maturarea foliculului sînt stimulate de FSH. Ovulația și formarea corpului galben sînt stimulate de L.H.

Secreția internă a ovarului. Pereții foliculului ovarian prezintă două teci celulare, una internă și alta externă. În perioada preovulatorie, celulele tecii interne secretă hormonii sexuali feminini — *estrogenii* —. Secreția acestor hormoni este stimulată de FSH și L.H. Acțiunea estrogenilor este de a stimula dezvoltarea organelor genitale feminine, dezvoltarea mucoasei uterine, a glandelor mamare, apariția și dezvoltarea caracterelor sexuale secundare la femeie, precum și comportamentul sexual feminin. În faza a 2-a a ciclului, rolul de secreție internă îl îndeplinește corpul galben. Acesta secretă atît hormonii estrogeni (foliculină) cît și *progesteron*, un hormon care favorizează păstrarea sarcinii. Secreția corpului galben este stimulată de LH și LTH. Corpul galben involuează după 10 zile și se transformă în corp alb. Dacă ovulul a fost fecundat, activitatea corpului galben se prelungește încă trei luni.

Progesteronul (luteina) determină modificări histologice și secretorii la nivelul mucoasei uterine pe care o pregătește în vederea fixării oului (nidare). Dacă fecundația nu a avut loc, ovulul se elimină în ziua a 19-a—a 20-a a ciclului, secreția corpului galben scade brusc în ziua a 26-a. La nivelul mucoasei uterine se produc modificări vasculare urmate de necroză și hemoragie care determină pierderea de sînge menstrual. În timpul sarcinii corticosuprarenala și placenta secretă, de asemenea, estrogeni și progesteron.

Reglarea secreției ovariene se face la fel ca a altor glande periferice prin feed-back negativ hipotalamo-hipofizo-ovarian.

EPIFIZA

Școala românească de endocrinologie (Parhon, Milcu și colaboratorii) a adus dovezi în sprijinul rolului de glandă endocrină al acestui organ al epitalamusului. Denumită și glandă pineală, datorită formei sale de con de pin, epifiza este situată în șanțul ce separă cei doi coliculi cvadrigemeni anteriori. Anatomic și funcțional are conexiuni strînse cu epitalamusul cu care formează un sistem neurosecretor epitalamo-epifizar.

Structurile secretorii sînt reprezentate de cordoane celulare nevroglice (pinealocite), cu proprietate secretoare și elemente nervoase (celule și prelungiri), înconjurate de o bogată rețea vasculară, și conține numeroase fibre simpatice.

Hormonii secretați de epifiză sînt incomplet elucidați. Pînă acum a fost identificată melatonina, derivat al serotoninei. Acest hormon are o acțiune frenatoare asupra funcției gonadelor.

Un al doilea principiu activ de natură polipeptidică (vasotocina) a fost izolat din epifiză de către grupuri de cercetători români (Milcu, Neacșu, Pavel). Substanța are o puternică acțiune antigonadotropă, în special anti LH.

Extractele de epifiză au și efecte metabolice, atît în metabolismul lipidic, protidic și glucidic, cît și în cel mineral. Epifiza are strînse legături cu retina. Stimulii luminoși produc, prin intermediul nervilor simpatici, o re-

ducere a secreției de melatonină. În întuneric melatonina crește, frînînd funcția gonadelor. Epifiza este mai dezvoltată în copilărie și adolescență, după care involuează.

PANCREASUL ENDOCRIN

El este reprezentat de insulele lui Langerhans, dispuse printre acinii glandulari. Ele sînt formate din două tipuri celulare:

— celulele alfa, care secretă glucagonul, reprezintă 20%;

— celulele beta, care secretă insulina, reprezintă 75%. Restul secretă hormoni digestivi.

Glucagonul, este un hormon polipeptidic descoperit recent. Sub acțiunea lui se produce glicogenoliză în ficat, nu și în fibrele musculare, scăderea utilizării tisulare a glucozei cu accentuarea lipolizei, prin activarea lipazei, intensificarea procesului de gluconeogeneză și în consecință apare h i p e r g l i c e m i a. Glucagonul mai este secretat de duoden și intestinul subțire (enteroglucagonul).

Insulina, este tot un polipeptid. Are efecte opuse. A fost preparată pentru prima dată de fiziologul român N. Paulescu. Insulina acționează prin creșterea utilizării tisulare a glucozei, favorizează depunerea glucozei sub formă de glicogen și transformarea glucidelor în lipide și în consecință apare h i p o g l i c e m i a. Insulina favorizează pătrunderea glucozei în celule, activînd mecanismul de „difuziune facilitată", prin membrana celulară. Efectul este foarte marcat la celulele adipoase și musculare. Utilizarea glucozei de către creier nu depinde de insulină. În ficat, insulina inhibă neoglucogeneza. Insulina are și rol anabolizant proteic, prin facilitarea transportului intracelular al aminoacizilor, împiedicînd, în același timp, utilizarea lor ca material energetic.

Reglarea secreției interne a pancreasului se face printr-un mecanism neuroumoral complex, cu centri în hipotalamus. Excitantul specific al mecanismelor de reglare este nivelul glicemiei (vezi reglarea metabolismului glucidic).

Perfuzarea pancreasului cu sînge hiperglicemic provoacă hipersecreție insulinică, în timp ce sîngele hipoglicemic are efecte opuse.

Vagul excită direct secreția celulelor B și o inhibă pe cea de glucagon. Numeroase alte substanțe excită direct secreția celulelor B (aminoacizii, cetoacizii, fructoza, hormoni digestivi ca secretina, gastrina, pancreozimin-colecistochinina). Însuși glucagonul este un stimulator al celulelor B. Catecolaminele (adrenalina și noradrenalina) inhibă direct celulele insulino-secretoare.

Mecanismul de stimulare-inhibare prin acțiune directă asupra celulelor B este cel mai important. El este dovedit de conservarea rolului pancreasului în reglarea glicemiei și în cazul transplantării sale în alte regiuni (conectare la sistemul carotido-jugular).

Secreția de glucagon este stimulată de hipoglicemie și inaniție. În condițiile scăderii aportului glucidic, glucagonul asigură creșterea glicemiei prin gluconeogeneză. Alături de catecolamine, glucagonul este principalul factor hiperglicemiant.

H i p e r s e c r e ț i a de insulină produce hipoglicemie însoțită de slăbirea forței fizice și chiar pierderea cunoștinței și comă. Mai frecvent se întîlnește deficitul secreției de insulină. Boala se numește diabet zaharat, din cauză că acești bolnavi, elimină cantități mari de zahăr în urină (glicozurie). În plus, bolnavii mai prezintă hiperglicemie (din cauza reducerii utilizării tisulare a glucozei), poliurie (prin diureză osmotică), polidipsie (beau multă apă, pentru a înlocui lichidele eliminate în exces), polifagie (se alimentează în exces pentru a compensa catabolismul lipidic și protidic exagerat). Cu toate acestea,

bolnavii scad în greutate și, cînd boala avansează, apar și alte tulburări: creșterea eliminărilor de azot, creșterea concentrației plasmatice de corpi cetonici, scăderea pH-ului (ceto-acidoză) și eliminarea urinară crescută a ceto-acizilor (cetonurie). Acetona fiind volatilă se elimină și prin respirație, care, la diabeticii avansați, prezintă un miros specific, de mere putrede. În cazuri avansate se produce coma acidotică, prin efectele nocive pe care acidifierea mediului intern le produce asupra centrilor nervoși. Dacă nu se intervine prin tratament de urgență, poate surveni moartea.

Excesul de insulină mărește utilizarea glucozei și depunerea ei ca rezerve, privind centrii nervoși de materialul energetic de bază.

TIMUSUL

Are un rol de glandă endocrină în prima parte a ontogenezei, pînă la pubertate. Este o glandă cu structură mixtă, de epiteliu secretor și organ limfatic. Are localizare retrosternală. La pubertate involuează, fără a dispare complet.

Se dezvoltă din endoderm. Îndeplinește în organism funcții importante:

— rol de organ limfatic central (vezi cap. „Sîngele");
— rol de glandă endocrină.

Deși nu au fost individualizați hormoni ca atare, se cunosc o serie de efecte ale extractelor de timus:

— acțiune de frînare a dezvoltării gonadelor;
— acțiune de stimulare a mineralizării osoase;
— efecte de frînare a mitozelor.

Funcțiile timusului sînt puternic blocate de hormonii steroizi, care determină involuția acestui organ. Unitatea histologică a T este lobului timic format dintr-o rețea de celule reticulare între care se află timocite. Timocitele sînt celule hematoformatoare primordiale (stem), imigrate din măduva hematogenă și transformate sub influența factorilor locali în celule limfoformatoare de tip „T". Timocitele însămînțează și alte organe limfoide (ganglionii limfatici, splina, amigdalele etc.).

XVIII. APARATUL DIGESTIV (ANATOMIE)

Este alcătuit din organe la nivelul cărora se realizează digestia alimentelor și ulterior absorbția lor. În același timp, la nivelul ultimului segment al tubului digestiv — rectul — se realizează eliminarea resturilor neabsorbite — prin actul defecației.

Cavitatea bucală

Este primul segment al tubului digestiv, fiind o cavitate virtuală cînd gura este închisă și reală, cînd gura este deschisă. Cavitatea bucală este despărțită de arcadele gingivodentare în două părți: vestibulul și cavitatea bucală propriu-zisă.

Vestibulul bucal este un spațiu în formă de potcoavă, limitat între arcade pe de o parte, buze și obraji pe de altă parte. Vestibulul comunică cu cavitatea bucală propriu-zisă prin spațiile interdentare și prin spațiul retromolar.

Cavitatea bucală propriu-zisă este delimitată înainte și pe laturi de arcadele gingivodentare, în sus de bolta palatină care o separă de fosele nazale, în jos de planșeul bucal pe care se află corpul limbii. Posterior, cavitatea bucală comunică cu faringele prin istmul gîtului circum-

scris superior de vălul palatin, pe margini de pilierii anteriori (arcurile anterioare), iar în jos de limbă.

Bolta palatină este formată în partea anterioară de palatul dur. Scheletul osos al palatului dur este acoperit de mucoasa palatină. Vălul palatin (palatul moale) continuă înapoi palatul dur și se prezintă ca o membrană musculomembranoasă mobilă care are două fețe și două margini.

Una dintre fețe este anterioară, concavă (bucală), acoperită de un epiteliu pluristratificat pavimentos moale (nekeratinizat), cea de a doua față este posterioară, convexă (faringiană), acoperită de un epiteliu cilindric simplu. Dintre cele două margini, una este anterioară și aderă de palatul dur, cea de a doua este liberă. Marginea liberă prezintă central o proeminență numită lueta (omușorul), iar lateral se prelungește cu două arcuri (pilieri): unul anterior, celălalt posterior. Între cele două arcuri se află amigdala palatină, formațiune cu rol în apărarea organismului împotriva infecțiilor.

Planșeul bucal este format din cei doi mușchi milohioidieni. Pe planșeul bucal se află glandele sublinguale și corpul limbii.

Pereții cavității bucale sînt vascularizați de ramuri provenite din artera carotidă externă. Sîngele venos ajunge în vena jugulară internă. Limfaticele cavității bucale ajung în ganglionii cervicali. Inervația senzitivă este asigurată de ramuri din nervul trigemen.

Limba

Limba este un organ musculo-membranos mobil care, pe lîngă rol în masticație și deglutiție, mai are rol și în vorbirea articulată, în supt și ca organ de simț datorită prezenței, la nivelul limbii, a papilelor gustative. Limba prezintă un corp situat în cavitatea bucală și o rădăcină, spre faringe. Rădăcina limbii este fixată de hioid prin membrana hioglosiană și de baza epiglotei prin trei ligamente gloso-epiglotice. Între aceste ligamente, care ridică repliuri se află două adîncituri denumite valecule. Între corpul și rădăcina limbii se află șanțul terminal, anterior de care se dispun papilele caliciforme sub forma literei „V“ („V“-ul lingual). Fața inferioară a corpului limbii este legată de mucoasa planșeului bucal prin frîul limbii. De o parte și de alta a frîului limbii se află o proeminență numită caruncula sublinguală, în care se deschid canalul glandei submandibulare și canalul glandei sublinguale. Pe rădăcina limbii se află amigdala linguală.

În structura limbii se descriu un schelet osteofibros, mușchi striați și o mucoasă.

Scheletul osteofibros este format din osul hioid și două membrane fibroase: septul limbii și membrana hioglosiană întinsă de la hioid spre limbă. Mușchii limbii sînt: intrinseci — proprii limbii și extrinseci, ca: palatoglos, stiloglos, hioglos, genioglos.

La exterior, limba este acoperită de mucoasa linguală care se continuă cu mucoasa bucală, avînd în structura sa un epiteliu pluristratificat pavimentos, necheratinizat. Pe fața dorsală (superioară) a limbii și pe marginile ei se găsesc papilele linguale care oferă limbii un aspect catifelat.

— *Papilele circumvalate* (caliciforme) formează „V“-ul lingual cu deschiderea spre înainte și sînt în număr de 7—11. Fiecare papilă prezintă, în centru, o ridicătură centrală, înconjurată de un șanț circular în care se găsesc numeroși muguri gustativi.

— *Papilele foliate* sînt localizate de-a lungul porțiunilor posterioare ale marginilor limbii. Au forma unor foi de carte, prezentînd 8—10 pliuri mucoase, dispuse perpendicular.

— *Papilele fungiforme* au formă asemănătoare unor ciuperci și sînt mai răspîndite înaintea V-ului lingual.

Toate aceste trei categorii de papile au în structură muguri gustativi. Se mai descriu la nivelul limbii și papilele filiforme, formațiuni lungi, conice, cu vîrful ramificat. Ele sînt situate pe fața dorsală a limbii și pe marginile ei. Neavînd muguri gustativi, au rol mecanic.

Vascularizația limbii este asigurată de artera linguală. Sîngele venos ajunge în vena jugulară internă. Limfaticele ajung în ganglionii cervicali.

Inervația mușchilor limbii este asigurată de nervul hipoglos, inervația gustativă de VII (facial), IX (glosofaringian), X (vag), iar inervația senzitivă (durere, tact, temperatură) de nervul V (trigemen).

Dinții

Dinții sînt organe dure ale aparatului masticator, avînd rol și în vorbirea articulată. La om există două dentiții, una temporară (dentiția de lapte) care numără 20 de dinți și cea de a doua, permanentă, 32 de dinți.

Dentiția temporară apare după 6—8 luni și sfîrșește în jurul vîrstei de 2—3 ani. Dentiția permanentă apare între 6 și 13 ani, exceptînd molarul III (măseaua de minte) care apare mai tîrziu (18—22 de ani) sau deloc.

Toți dinții, indiferent de forma lor, prezintă coroană, col și rădăcină. Coroana, de culoare albă, depășește alveola dentară fiind vizibilă în cavitatea bucală.

Rădăcina este inclusă în alveolă și poate fi unică, dublă sau triplă. Colul este regiunea mai îngustă, situată între rădăcină și coroană. La nivelul colului se află inelul gingival.

În coroana dintelui se află camera pulpară, care la nivelul rădăcinii se continuă cu canalul dentar. Cavitatea și canalul dentar conțin pulpa dintelui, care are în structura sa țesut conjunctiv, vase și nervi ce pătrund prin orificiul dentar de la vîrful rădăcinii. În afara camerei pulpare și a canalului dentar, dintele este format dintr-un țesut calcificat denumit dentină (ivoriu), de culoare albă.

La nivelul coroanei, dentina este dublată de un țesut dur, smalțul, iar la nivelul rădăcinii, de cement. Smalțul este cea mai dură structură a dintelui și are în compoziția sa fosfat de calciu, de magneziu, floruri de Na și K. Cementul este dur, de natură osoasă și face parte din mijloacele de susținere ale dintelui (paraodonțiu). Structura cementului este asemănătoare cu a osului.

Vascularizația dinților este asigurată de arterele alveolare, ramuri din artera maxilară internă. Sîngele venos ajunge în vena maxilară. Limfaticele dinților ajung în final în ganglionii cervicali.

Inervația dinților este asigurată de nervul trigemen.

Faringele

Este un conduct musculo-membranos, dispus de la baza craniului pînă în dreptul vertebrei C_6 unde se continuă cu esofagul. Are forma unui jgheab deschis anterior, care se îngustează de sus în jos, cu lungimea de 15 cm.

Fața posterioară a faringelui delimitează, cu coloana vertebrală tapetată de mușchii prevertebrali, spațiul retrofaringian. Fețele laterale ale faringelui, la nivelul capului, vin în raport cu spațiul mandibulofaringian cuprins între mandibulă și faringe, iar la nivelul gîtului, cu lobii laterali ai glandei tiroide, cu artera carotidă comună, vena jugulară internă și nervul vag situat între cele două formațiuni vasculare.

Cavitatea faringelui este divizată în trei etaje (vezi tabelul).

Cavitatea faringelui

	Nasofaringe (rinofaringe)	Bucofaringe (orofaringe)	Laringofaringe
Perete superior	baza craniului	vălul palatin	Corespunde planului orizontal care trece prin hioid și comunică cu bucofaringele
Perete inferior	vălul palatin	plan orizontal dus prin osul hioid. Comunică cu laringofaringele	se continuă cu esofagul
Pereți laterali	prezintă orificiul trompei lui Eustachio.	corespund celor două arcuri (anterior și posterior) ale vălului palatin, între care se află amigdala palatină	corespund șanțurilor laringofaringiene
Perete anterior	comunică cu fosele nazale prin două orificii numite coane	comunică cu cavitatea bucală prin istmul gîtului	comunică cu laringele prin aditus laringis (intrarea în laringe)
Perete posterior	corespunde coloanei vertebrale	corespunde coloanei vertebrale	corespunde coloanei vertebrale

În structura faringelui se află o aponevroză intrafaringiană, mușchi și o mucoasă. La exterior este acoperit de adventiția faringelui.

Aponevroza intrafaringiană se găsește la nivelul pereților laterali și posterior ai faringelui și se inseră superior pe baza craniului; are o structură fibroasă și este rezistentă.

Mușchii faringelui sînt striați, grupați în mușchi constrictori și ridicători.

Mușchii constrictori au fibre circulare și se acoperă unul pe celălalt (cel superior este acoperit de cel mijlociu, iar acesta de cel inferior); prin contracția lor micșorează diametrul anteroposterior și transversal al faringelui.

Mușchii ridicători au fibre longitudinale și sînt reprezentați de stilofaringian și palatofaringian. Prin contracția lor ridică faringele în timpul deglutiției.

La interior faringele este căptușit de o mucoasă care are în structura sa un epiteliu cilindric ciliat la nivelul rinofaringelui și un epiteliu pluristratificat pavimentos necheratinizat la nivelul bucofaringelui și laringofaringelui.

La exterior faringele este acoperit de adventiția faringelui care se continuă cu adventiția esofagului.

Vascularizația faringelui este realizată de ramuri din carotida externă. Sîngele venos este drenat în vena jugulară internă. Limfaticele ajung în ganglionii cervicali. *Inervația senzitivă și motorie* este asigurată de nervul glosofaringian.

Esofagul

Este un canal musculo-membranos prin care bolul alimentar trece din faringe spre stomac. Limita lui superioară corespunde vertebrei C_6 iar cea inferioară, orificiului cardia prin care esofagul se deschide în stomac. În traiectul său străbate regiunea cervicală, toracală, diafragma și ajunge în abdomen, terminîndu-se în stomac. Esofagul descrie în traiectul său, curburi, unele în plan sagital, altele în plan frontal. Lungimea esofagului este de 25 cm.

Raporturile esofagului. În regiunea cervicală vine în raport anterior cu traheea, posterior cu coloana vertebrală iar lateral cu lobii laterali ai glandei tiroide și cu mănunchiul vasculo-nervos al gîtului (artera carotidă comună, vena jugulară internă și nervul vag). În regiunea toracală, are raporturi diferite anterior. Deasupra vertebrei T_4 (locul de bifurcare al traheei în cele două bronhii) vine în raport cu traheea, iar sub T_4, cu pericardul. Lateral, esofagul toracic vine în raport cu plămînii, acoperiți de pleurele mediastinale, iar posterior cu coloana vertebrală. În abdomen vine în raport, la stînga, cu fundul stomacului, la dreapta și anterior, cu ficatul iar posterior cu aorta.

Structura esofagului. De la suprafață spre interior distingem patru straturi în structura esofagului:

— *Adventiția:* este o tunică conjunctivă care se continuă în sus cu adventiția faringelui.
— *Tunica musculară:* este formată dintr-un strat de fibre longitudinale la exterior și un strat de fibre circulare la interior. În treimea superioară a esofagului ambele straturi sînt striate, în timp ce în treimea inferioară fibrele striate sînt înlocuite de fibre netede.
— *Tunica submucoasă:* este bine dezvoltată la nivelul esofagului și conține glande esofagiene de tip acinos, ce secretă mucus care ușurează înaintarea bolului alimentar.
— *Tunica mucoasă* are culoare albicioasă și prezintă cute longitudinale care se șterg prin distensia esofagului, cauzată de trecerea bolului alimentar.

Mucoasa esofagului are în structura sa un epiteliu pluristratificat pavimentos necheratinizat.

Arterele esofagului provin din arterele tiroidiene, aortă, arterele diafragmatice și artera gastrică stîngă. Sîngele venos al esofagului abdominal se varsă în vena portă, a esofagului toracic în sistemul azygos, iar a esofagului cervical în vena jugulară.

Limfaticele esofagului cervical ajung în ganglionii cervicali, ai esofagului toracic în ganglionii traheobronhici și mediastinali posteriori, iar ai esofagului abdominal, în ganglionii gastrici.

Nervii provin din simpatic și parasimpatic, formînd un plex în stratul muscular și altul în stratul submucos.

Stomacul

Stomacul se prezintă ca o porțiune dilatată a tubului digestiv, fiind situat în etajul supramezocolic al cavității abdominale, între splină și ficat. În stare de umplere are

25 cm iar gol, 18 cm. Capacitatea lui este de 1 300—1 500 cm^3. Stomacul are forma unui „J“ cu o porțiune verticală mai lungă și una orizontală, mai scurtă. Descriem stomacului două fețe (anterioară, posterioară), două margini, denumite curburi (curbura mare la stînga și mică la dreapta) și două orificii (cardia și pilorul). Cele două fețe ale stomacului sînt acoperite de peritoneu care, ajuns la nivelul curburilor, se reflectă pe organele vecine formînd ligamente.

Fața anterioară a stomacului prezintă o porțiune superioară care corespunde peretelui toracic și una inferioară, peretelui abdominal. Porțiunea toracală vine în raport cu diafragma și cu coastele 5—9 din partea stîngă. În porțiunea abdominală, fața anterioară a stomacului vine în raport cu lobul stîng al ficatului, iar mai lateral cu peretele muscular al abdomenului.

Fața posterioară a stomacului, prin intermediul unui diverticul al cavității peritoneale numit bursa omentală, vine în raport cu rinichiul stîng, suprarenala stîngă, corpul pancreasului, splină și artera splenică (pe marginea superioară a corpului pancreasului).

Curbura mare este convexă. La nivelul ei se află arcul vascular al marei curburi și ligamentele gastrodiafragmatic, gastrosplenic și gastrocolic.

Curbura mică este concavă. La nivelul ei se găsește arcul vascular al micii curburi și micul epiploon care leagă stomacul de ficat.

Orificiul cardia, prin care stomacul comunică cu esofagul, este pe flancul stîng al vertebrei T_{11}. Orificiul pilor, prin care stomacul comunică cu duodenul, se află în dreptul flancului drept al vertebrei L_1. Cînd stomacul este umplut, pilorul coboară și se deplasează spre dreapta.

Subîmpărțirea stomacului. Trecînd un plan prin incizura gastrică situată la nivelul micii curburi unde aceasta își schimbă direcția, împărțim stomacul în două porțiuni: porțiunea verticală, situată deasupra planului și porțiunea orizontală, sub acest plan. Porțiunea verticală, la rîndul său, are două părți: fundul stomacului, care conține punga cu aer a stomacului și corpul stomacului.

Porțiunea orizontală are și ea o zonă mai dilatată care continuă corpul stomacului — antru piloric — și alta, care se continuă cu duodenul, numită canal piloric.

La interior, stomacul prezintă numeroase plici ale mucoasei: unele longitudinale, altele transversale sau oblice. Dintre cele longitudinale, două situate în dreptul micii curburi, delimitează canalul gastric (fig. 101).

Vascularizația stomacului este asigurată de toate cele trei ramuri ale trunchiului celiac: artera hepatică, gastrică stîngă și splenică. Sîngele venos ajunge în vena portă.

Inervația stomacului este asigurată de plexul gastric, format din fibre simpatice și parasimpatice. Fibrele nervoase formează în peretele stomacului plexul mienteric și submucos.

Structura stomacului — vezi tabelul

Intestinul subțire

Este porțiunea din tubul digestiv cuprinsă între stomac și intestinul gros. În funcție de mobilitatea sa, intestinul subțire are o primă porțiune fixă numită duoden și o a doua mai lungă și mobilă, numită jejunoileon. Mobilitatea acestuia din urmă se datorește mezenterului. Lungimea intestinului subțire este de 4—6 metri, iar calibrul de 4 cm la nivelul duodenului și de 2—3 cm la nivelul jejunoileonului.

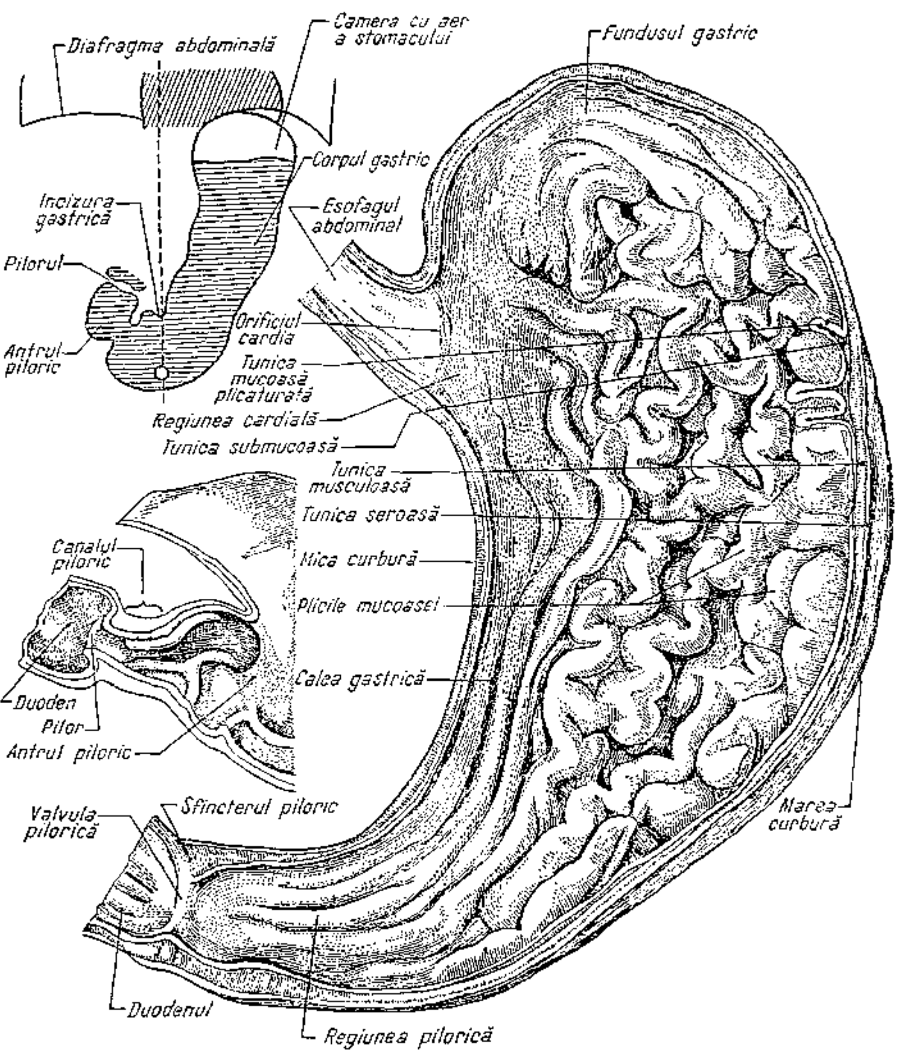


Fig. 101. Stomacul și secțiunea canalului piloric.

Duodenul

Este prima porțiune a intestinului subțire și are formă de potcoavă, cu concavitatea în sus, în care se află capul pancreasului. Are o lungime de 25 cm. Începe la nivelul pilorului și se îndreaptă spre vezica biliară unde cotește, devenind descendent. La acest cot se formează flexura duodenală superioară. Ajuns la polul inferior al rinichiului drept, cotește din nou formînd flexura duodenală inferioară. În continuare trece anterior de coloana vertebrală (L_4), după care cotește a treia oară, devenind ascendent și urcă pe flancul stîng al coloanei pînă la L_2, unde se termină la nivelul flexurii duodenojejunale. Datorită acestui traiect, i se descriu duodenului patru porțiuni:

— *porțiunea superioară*, între pilor și vezica biliară;

— *porțiunea descendentă*, între vezica biliară și polul inferior al rinichiului drept;

— *porțiunea transversă* ține de la polul inferior al rinichiului drept pînă la flancul stîng al coloanei vertebrale;

— *porțiunea ascendentă* continuă porțiunea precedentă și sfîrșește la flexura duodenojejunală.

În partea medială a porțiunii descendente se găsește plica longitudinală a duodenului, determinată de trecerea canalului coledoc prin peretele duodenal. În partea inferioară a acestei plici se află papila duodenală mare în care se deschide canalul coledoc, împreună cu canalul principal al pancreasului (canalul Wirsung). La 2—3 cm deasupra se află papila duodenală mică, în care se deschide canalul accesor al pancreasului (canalul Santorini).

Vascularizația duodenului este dată de ramuri duodeno-pancreatice din artera hepatică și mezenterică superioară. Sîngele venos ajunge în vena portă. *Limfaticele* ajung în ganglionii hepatici și în ganglionii celiaci, situați în jurul trunchiului celiac.

Inervația, asigurată de fibre simpatice și parasimpatice, provine din plexul celiac.

Jejunoileonul

Este porțiunea liberă a intestinului subțire și se întinde între flexura duodenojejunală la orificiul ileocecal. Este legat de peretele posterior al abdomenului prin mezenter, de unde și numele de intestin mezenterial.

Jejunoileonul descrie 14—16 flexuozități în formă de „U", numite anse intestinale. Se distinge un grup superior stîng (ce aparține jejunului), format din anse orizontale suprapuse unele deasupra altora și un grup inferior drept (ce aparține ileonului) format din anse verticale.

Jejunoileonul este legat de peretele posterior al abdomenului printr-un lung mezou peritoneal numit mezenter. Acesta prezintă două fețe: una dreaptă (anterioară), alta stîngă (posterioară) și două margini: una liberă, spre intestin și alta aderentă spre peretele posterior al abdomenului, numită rădăcină. Între cele două foițe ale mezenterului se găsesc: artera mezenterică superioară cu ramurile sale, vena mezenterică superioară, vase limfatice și ganglioni limfatici mezenterici, plexul nervos vegetativ mezenteric și grăsime.

Vascularizația jejunoileonului este asigurată de ramuri care provin din artera mezenterică superioară. Sîngele venos este colectat de vena mezenterică superioară. Limfa este colectată în ganglioni mezenterici superiori, situați în rădăcina mezenterului.

Inervația jejunoileonului este vegetativă, asigurată de plexul mezenteric desprins din plexul celiac.

Intestinul gros

Intestinul gros continuă jejunoileonul și se deschide la exterior prin orificiul anal. Lungimea sa este de 1,50 m,

calibrul lui diminuînd de la cec spre anus (la origine are un calibru de 7 cm iar terminal 3 cm).

Intestinul gros se deosebeşte de intestinul subţire prin mai multe caracteristici exterioare.

1. este mai scurt, dar mai voluminos decît intestinul subţire;

2. se dispune sub formă de cadru — de unde şi numele de cadru colic;

3. este parcurs de nişte benzi musculare numite teniile colonului, în număr de 3 la cec, colon ascendent, transvers şi descendent, 2 la colonul sigmoid şi dispar la rect;

4. prezintă umflături numite haustre separate între ele prin şanţuri transverse care proemină în lumenul intestinului sub formă de plici semilunare ale colonului;

5. prezintă ciucuri grăsoşi de culoare gălbuie — numiţi apendice epiploice în jurul teniilor musculare (fig. 102).

Intestinul gros este subîmpărţit în cec, colon şi rect. La rîndul său, colonul prezintă mai multe segmente: colonul ascendent, transvers, descendent şi sigmoid.

Cecul şi apendicele vermiform

Cecul este prima porţiune a intestinului gros şi are forma unui sac. Ocupă fosa iliacă dreaptă. Uneori el poate avea o poziţie înaltă, urcînd în regiunea lombară, alteori dimpotrivă poate avea o poziţie joasă, coborînd în pelvis. Faţa anterioară a cecului vine în raport cu peretele anterior al abdomenului, faţa posterioară vine în raport cu fosa iliacă, muşchiul psoas-iliac şi nervul femural care trece la acest nivel.

Faţa laterală este în raport, în jos cu fosa iliacă, iar mai sus cu peretele lateral al abdomenului, faţa medială vine în raport cu ansele intestinale. Pe această faţă se află orificiul ileocecal prin care ileonul se deschide în cec; la nivelul acestui orificiu se află valvula ileocecală, cu rol de supapă între intestinul subţire şi gros. La 2—3 cm deasupra orificiului ileocecal se află un orificiu oval, numit orificiul apendiculo-cecal, prin care apendicele se deschide în cec. Şi acest orificiu are o valvulă.

Apendicele vermicular este un segment rudimentar al intestinului gros, transformat în organ limfoid. Are lungime de 7—8 cm şi un calibru de 5—8 mm. Forma lui este a unui tub cilindric mai mult sau mai puţin flexos. Se deschide pe faţa medială a cecului prin orificiul apendiculo-cecal. Apendicele se dispune faţă de cec într-o manieră variabilă. Deobicei el este medial de cec, dar poate fi prececal, retrocecal, subcecal sau laterocecal.

Arterele cecului şi apendicelui provin din artera mezenterică superioară (artera ileocolică). Sîngele venos este colectat de vena mezenterică superioară. *Limfaticele* ajung în ganglionii mezenterici.

Inervaţia vegetativă este asigurată de ramuri din plexul mezenteric.

Colonul

Începe la nivelul valvulei ileocecale şi se termină în dreptul vertebrei S_3. Din fosa iliacă dreaptă urcă spre faţa viscerală a ficatului (colon ascendent), la acest nivel coteşte formînd flexura colică dreaptă, de la care începe colonul transvers care străbate transversal cavitatea abdominală pînă la nivelul splinei. Ajuns la acest nivel, coteşte din nou, formînd flexura colică stîngă, după care coboară spre fosa iliacă stîngă (colon descendent). Ultima porţiune a colonului, în formă de „S", coboară în bazin (colonul sigmoid), unde în dreptul vertebrei S_3 se continuă cu rectul.

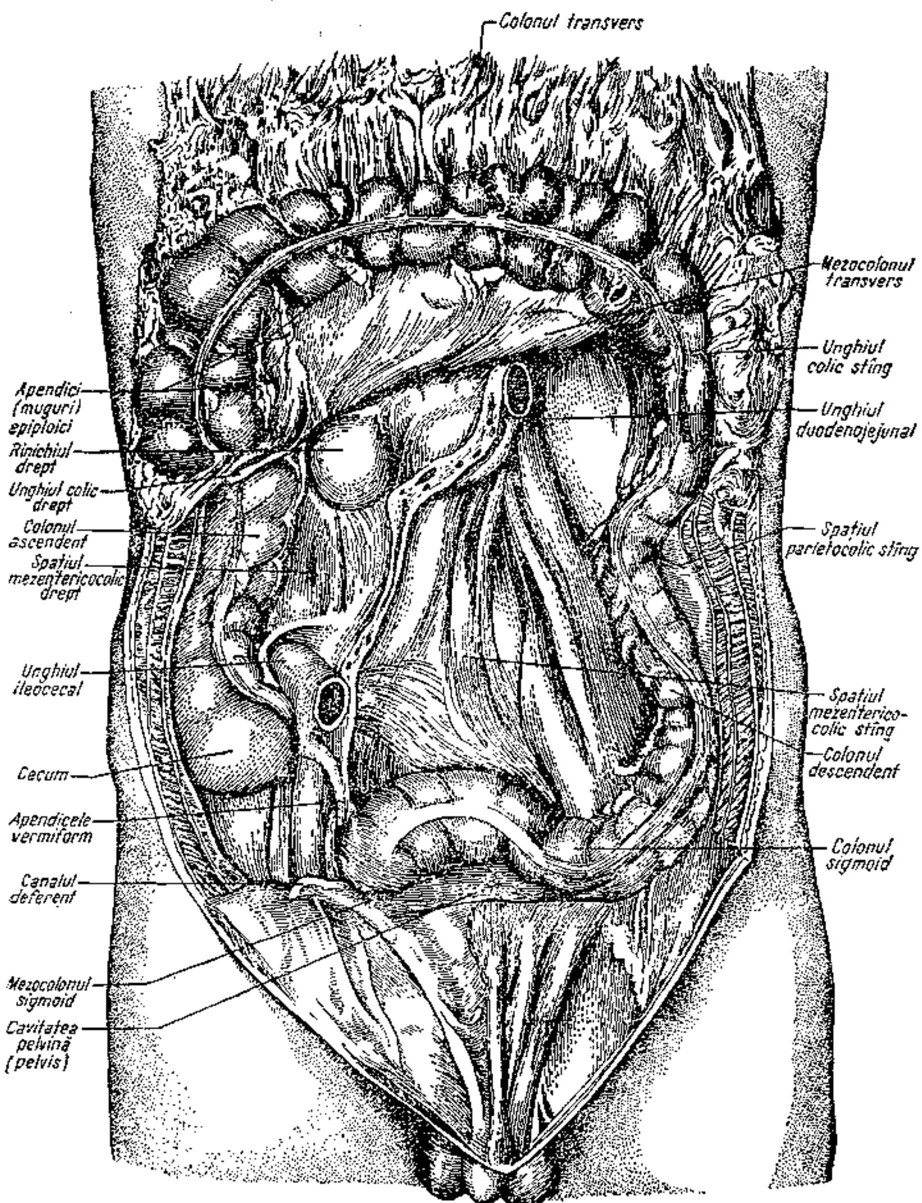


Fig. 102. Colonul și lojile peritoneale ale cavității abdominale.

Colonul ascendent

Măsoară 8—15 cm lungime și ține de la fosa iliacă dreaptă pînă la flexura colică dreaptă. Posterior vine în raport cu peretele posterior al cavității abdominale și cu rinichiul drept prin intermediul unei fascii de coalescență (Told). Anterior, medial și lateral vine în raport cu ansele intestinului subțire și cu peretele anterior și lateral al abdomenului.

Colonul transvers

Are o direcție ușor oblică în sus în spre stînga și măsoară 40—60 cm. Este cuprins între cele două flexuri ale colonului. Anterior vine în raport cu peretele anterior al abdomenului, posterior cu duodenul II (descendent), capul și corpul pancreasului. Datorită mezoului său, colonul transvers separă cavitatea abdominală într-un etaj supramezocolic și un etaj inframezocolic. În sus vine în raport cu fața viscerală a ficatului, cu stomacul și cu splina, iar în jos cu ansele jejuno-ileale.

Colonul descendent

Ține de la flexura colică stîngă pînă la fosa iliacă stîngă și are o lungime de 14—20 cm. Are aceleași raporturi ca și colonul ascendent, fiind mai profund situat față de cel ascendent.

Colonul sigmoid

Ține de la fosa iliacă stîngă pînă la S_3. În traiectul său descrie litera „S", de unde și numele. Măsoară 40—50 cm și prezintă două segmente — unul iliac și altul pelvin. Segmentul iliac ocupă fosa iliacă și vine în raport posterior cu fosa iliacă, mușchiul ileopsoas și cu nervul femural. Anterior, medial și lateral este acoperit de anse intestinale. Segmentul pelvian vine în raport în jos și înainte cu vezica urinară la bărbat, iar la femeie cu uterul și anexele, înapoi vine în raport cu ampula rectală iar în sus cu ansele intestinului subțire.

Vascularizația colonului este asigurată de artera mezenterică superioară (pentru colon ascendent și 1/2 dreaptă a colonului transvers) și de către artera mezenterică inferioară, pentru 1/2 stîngă din colonul transvers, colon descendent și colon sigmoid). Venele colonului sînt tributare venei porte. Limfaticele ajung în ganglionii mezenterici.

Inervația vegetativă este asigurată de fibre vegetative din plexul mezenteric. Fibrele nervoase pătrund în pereții colonului și formează plexul mienteric și submucos.

Rectul

Rectul începe la nivelul vertebrei S_3 și sfîrșește la nivelul orificiului anal. În traiectul său descrie o curbă cu concavitate înainte. Ajuns în dreptul coccisului își schimbă traiectul, descriind o curbă cu concavitatea posterior, străbate perineul și se îndreaptă spre orificiul anal. Pe lîngă aceste curburi în plan sagital, rectul mai prezintă și curburi în plan frontal, mai puțin evidente însă.

Rectul prezintă două segmente: unul superior, situat în cavitatea pelviană, mai dilatat, numit ampulă rectală și altul inferior care străbate perineul, numit canal anal. Ampula rectală are 10—12 cm lungime și 5—6 cm calibru; canalul anal are 3 cm lungime și cam tot atîta în calibru. Ampula rectală vine în raport posterior cu sacrul și coc-

cisul. Anterior, la bărbat, vine în raport cu vezica urinară prin fundul de sac rectovezical iar la femeie, cu corpul uterului prin fundul de sac rectouterin. Lateral vine în raport cu ureterul și vasele hipogastrice situate pe pereții laterali ai pelvisului.

Canalul anal străbate perineul și vine în raport anterior la bărbat cu uretra iar la femeie cu vagina.

În interiorul ampulei rectale se află plicile transversale ale rectului (valvulele lui Houston). În interiorul canalului anal se află 8—10 plici longitudinale (coloanele Morgagni). Bazele coloanelor Morgagni sînt unite prin valvulele anale. Între valvule și peretele canalului anal se delimitează depresiuni denumite sinusuri anale.

Arterele rectului sînt în număr de trei: artera rectală superioară, medie și inferioară. Sîngele venos din 1/3 superioară a rectului ajunge în vena portă prin intermediul venei mezenterice inferioare, iar din 2/3 inferioare ajunge în vena iliacă internă și prin intermediul acesteia, în vena cavă inferioară.

Limfaticele rectului ajung în ganglionii mezenterici, în ganglionii iliaci interni și ganglionii inghinali.

Inervația este asigurată de plexul rectal, provenit din plexul mezenteric și din plexul hipogastric. În porțiunea inferioară a rectului sosesc nervii rectali inferiori care sînt nervi somatici inervînd teritoriul de sub valvulele semilunare cît și sfincterul extern al anusului.

GLANDELE ANEXE ALE TUBULUI DIGESTIV

1. GLANDELE SALIVARE

Glandele salivare secretă saliva care are rol în digestia bucală. Există două categorii de glande salivare:

— glande salivare mici, fără canal excretor, cum sînt:
  — glandele palatine — pe mucoasa palatului;
  — glandele labiale — pe mucoasa buzelor;
  — glandele bucale — pe mucoasa obrajilor;
  — glandele linguale — pe mucoasa limbii.
— glandele salivare mari, în afara cavității bucale, sînt perechi și își varsă produsul lor de secreție în cavitatea bucală prin intermediul unor canale excretoare.

Glanda parotidă este cea mai voluminoasă glandă salivară. Se găsește sub conductul auditiv extern (de unde și numele: *para*=lîngă; *otos*=ureche) și înapoia ramurii mandibulei. Cîntărește 20—30 g. Glanda parotidă este situată în loja parotidiană.

Glanda este străbătută de ramurile nervului facial, de artera carotidă externă și vena jugulară externă.

Produsul de secreție se varsă prin canalul lui Stenon, în vestibulul superior, în dreptul molarului II. Lungimea canalului este de 5 cm, iar calibrul măsoară 4—5 mm.

Glanda parotidă este o glandă tubulo-acinoasă de tip seros. În constituția sa intră acini secretori și un sistem de canale excretoare. Acinii secretă un lichid clar care nu conține mucus.

Arterele provin din carotida externă. Sîngele venos este colectat de vena jugulară externă. Limfaticele ajung în ganglionii parotidieni iar de aici în ganglionii cervicali profunzi.

Glanda are o dublă *inervație:* simpatică și parasimpatică. Inervația secretorie este parasimpatică, reprezentată de fibre parasimpatice preganglionare plecate din nucleul salivator inferior, prin nervul glosofaringian. Aceste fibre fac sinapsa în ganglionul otic cu fibrele postganglionare, care ajung la glanda parotidă, determinîndu-i secreția.

Glanda submandibulară este intermediară ca mărime între glanda parotidă și glanda submandibulară. Cîntărește

7—8 g. Se găsește sub planșeul bucal, pe fața internă a corpului mandibulei, ocupînd loja submandibulară.

De pe fața profundă a glandei pleacă canalul Wharton care are o lungime de 5 cm și se deschide în caruncula sublinguală. Glanda submandibulară este tubuloacinoasă seromucoasă. Secreția ei este seromucoasă, intermediară între cea a parotidei și sublingualei. Este *vascularizată* de artera facială care trece pe la polul superior al glandei. Sîngele venos este colectat de vena facială. *Limfaticele* se strîng în ganglionii submandibulari, care drenează în final în ganglionii cervicali. Glanda are o dublă *inervație:* simpatică și parasimpatică. Inervația secretorie este parasimpatică, reprezentată de fibrele parasimpatice preganglionare care provin din nucleul salivator inferior. Aceste fibre pătrund în nervul facial și fac sinapsa în ganglionul submandibular cu fibrele postganglionare care ajung la glandă.

Glanda sublinguală este cea mai mică (3—5 g) dintre glandele salivare mari și se află deasupra diafragmei bucale. În structura glandei distingem o porțiune principală și 10—20 lobuli accesori. Loja glandei sublinguale este delimitată superior de mucoasa regiunii sublinguale, inferior de mușchiul milohioidian, lateral de corpul mandibulei iar medial de mușchii limbii.

Glanda are un canal excretor principal — canalul Bartholin și mai multe canale accesorii (Canalele Rivinius). Canalul Bartholin se deschide în caruncula sublinguală. Canalele Rivinius se deschid fie în canalul Bartholin, fie direct în caruncula sublinguală.

Din punct de vedere structural, este o glandă tubuloacinoasă sero-mucoasă în care predomină componenta mucoasă. Produce o salivă opalescentă, mucoasă.

Glanda sublinguală este *vascularizată* de ramuri din artera linguală. Sîngele venos ajunge în vena linguală.

Limfaticele drenează în ganglionii submandibulari și de la acest nivel, în ganglionii cervicali.

Inervația glandei sublinguale este asemănătoare inervației glandei submandibulare.

FICATUL

Este cea mai mare glandă anexă a tubului digestiv. Este situat în etajul supramezocolic, în partea dreaptă, sub diafragmă, deasupra colonului transvers și a mezocolonului, la dreapta stomacului. Are o consistență fermă și o culoare brună. La cadavru cîntărește 1 500 g iar la individul viu se adaugă încă 800—1 000 g cît cîntărește sîngele depozitat în ficat. Are forma unui ovoid tăiat oblic, avînd 28 cm în sens transversal și 16 cm în sens anteroposterior. Ficatul are o față superioară, una inferioară, o margine inferioară și o margine posterioară, mai lată.

Fața superioară diafragmatică este divizată în doi lobi (stîng și drept) prin ligamentul falciform, întins de la fața superioară a ficatului la diafragmă (fig. 103). Lobul stîng e mai mic decît cel drept. Prin intermediul diafragmei, fața superioară vine în raport cu inima, învelită de pericard și cu bazele celor doi plămîni, tapetate de pleură.

Fața inferioară (viscerală) este parcursă de trei șanțuri, dintre care două sînt sagitale (longitudinale) iar al treilea, transvers (fig. 104). Șanțul transvers reprezintă hilul ficatului — locul de intrare și ieșire al elementelor pediculului hepatic (intră artera hepatică, vena portă, nervii hepatici, ies limfaticele și căile biliare). Șanțul sagital (longitudinal) stîng conține, în segmentul anterior, ligamentul rotund provenit prin obliterarea venei ombilicale, iar în segmentul posterior, cordonul fibros Arantius, provenit din obliterarea ductului venos Arantius (care la făt

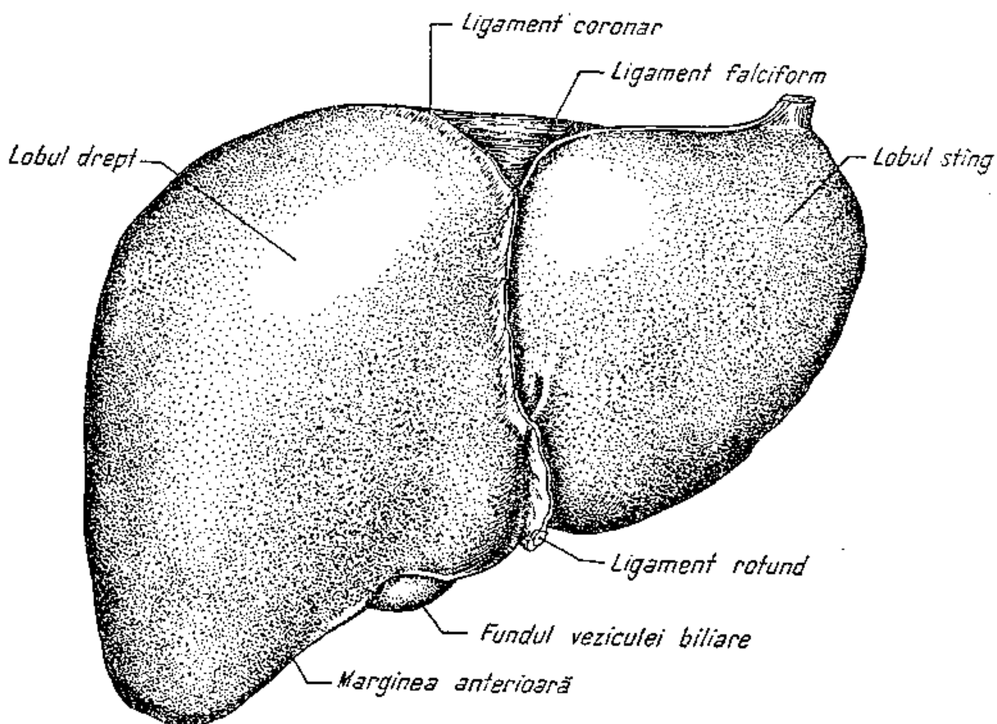


Fig. 103. Ficatul — vedere anterioară.

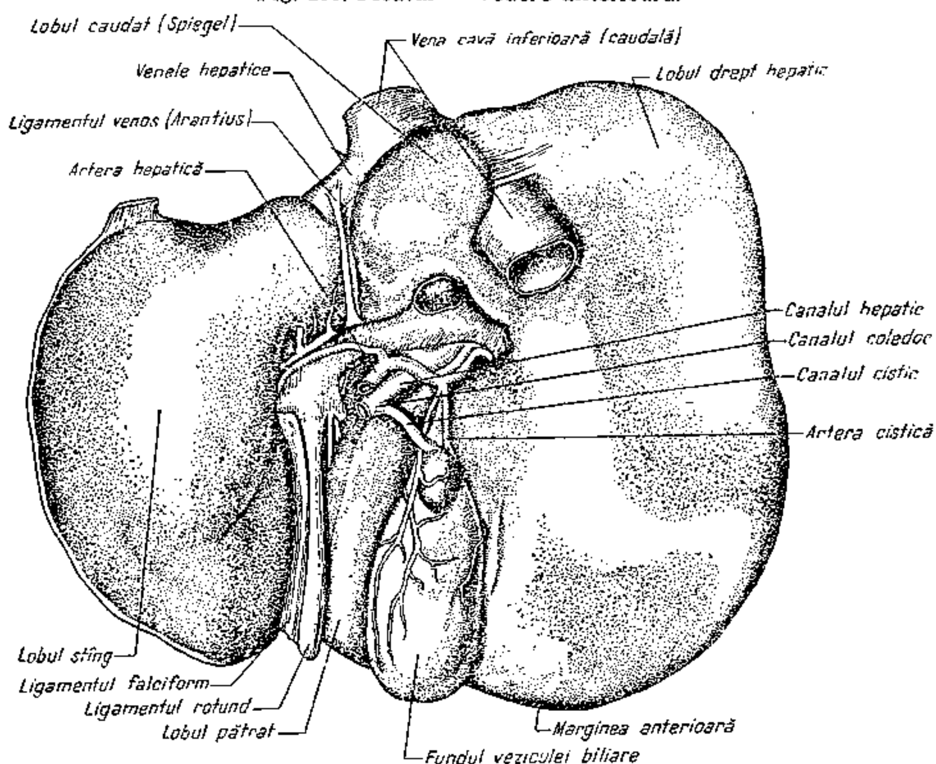


Fig. 104. Ficatul — vedere inferioară.

face legătura între vena ombilicală și vena cavă inferioară).

Șanțul sagital (longitudinal) drept prezintă, în segmentul anterior, fosa cistică ce adăpostește vezica biliară, iar în segmentul posterior, vena cavă inferioară.

Cele trei șanțuri împart fața viscerală a ficatului în patru lobi:

— lobul stîng, prezintă impresiunea gastrică iar înapoia acesteia, impresiunea esofagiană;

— lobul drept vine în raport cu o serie de organe care lasă mai multe impresiuni și anume: impresiunea colică lăsată de unghiul drept al colonului, impresiunea duodenală, lăsată de flexura superioară a duodenului, impresiunea suprarenală (glanda suprarenală dreaptă) și impresiunea renală (rinichiul drept);

— lobul pătrat, situat anterior de hil, prezintă impresiunea pilorică;

— lobul caudat, situat posterior de hil, prezintă două procese: unul spre stînga numit procesul papilar și altul spre dreapta, procesul caudat.

Marginea inferioară este ascuțită. Prezintă două incizuri — una la stînga — incizura ligamentului rotund, cea de a doua la dreapta, incizura cistică, ocupată de fundul vezicii biliare.

Marginea posterioară aparține feței superioare a ficatului. Pe ea se află aria nudă a ficatului (pars affixa) care este lipsită de peritoneu și aderă intim la diafragmă prin tracturi conjunctive. Ea corespunde vertebrelor T_{10}—T_{11}.

Structura ficatului. La exterior, ficatul este acoperit de peritoneul visceral. De pe fața superioară a ficatului peritoneul se răsfrînge pe diafragmă, formîndu-se astfel ligamentul falciform. De pe fața inferioară se răsfrînge pe stomac, formîndu-se micul epiploon. Peritoneul de pe fața superioară și inferioară a ficatului se răsfrînge pe peretele posterior al cavității abdominale, formîndu-se astfel ligamentul coronar. La cele două extremități (stîngă și dreaptă) cele două foițe ale ligamentului coronar se apropie una de cealaltă formînd ligamentele coronare stîng și drept, care ajung la diafragmă.

Sub peritoneul visceral se află capsula fibroasă a ficatului (capsula Glisson). De pe fața ei profundă pleacă septuri conjunctivo-vasculare, care pătrund în parenhimul hepatic. Între aceste septuri se delimitează lobulii hepatici — care sînt unități anatomice și funcționale ale ficatului. Lobulii sînt vizibili cu ochiul liber și se prezintă ca niște granulații de mărimea unui bob de mei. Priviți în spațiu, au formă de piramidă cu 5—6 laturi. La întîlnirea a trei lobuli există spațiul portal, care conține o arteră perilobulară (ramură a arterei hepatice), o venă perilobulară (ramură din vena portă), un canalicul biliar perilobular, vase limfatice, toate învelite într-o stromă conjunctivă dependentă de capsula fibroasă a ficatului. Lobulul hepatic este format din celule hepatice (hepatocite), din capilare sinusoide care provin din capilarizarea venei perilobulare, din vena centrolobulară spre care converg sinusoidele și din canaliculele biliare intralobulare. Celulele hepatice sînt dispuse în spațiu sub forma unor plăci sau lame, formate dintr-un singur rînd de celule. Între lame se delimitează spații în care se găsesc capilarele sinusoide. În grosimea unei lame, între hepatocitele adiacente, se formează canaliculele biliare intralobulare. Celulele hepatice, hepatocitele, sînt relativ mari, de formă poliedrică și apar pe secțiune sub aspect poligonal. Fiecare hepatocit vine în contact cu capilarele sinusoidale (polul vascular) și cu canaliculul biliar intralobular (polul biliar). Celula hepatică poate să-și verse secreția fie în canaliculele biliare (secreția exocrină), fie în sinusoide (secreția endocrină).

Canaliculele biliare intralobulare nu au pereți proprii, pereții lor fiind reprezentați de însăși celulele hepatice. Spre periferia lobulului capătă pereți proprii și iau numele de colangiolă (canalicule Hering). Acestea converg către canaliculele biliare perilobulare din spațiul portal

care, la rîndul lor se deschid în canaliculele biliare interlobulare. Între pereții capilarelor sinusoide și lamelele celulare hepatice există spații înguste numite spațiile Disse cu valoare de capilare limfatice.

Vena perilobulară de la nivelul spațiului portal pătrunde în lobulul hepatic și formează sinusoidul hepatic. În pereții capilarelor sinusoide se remarcă prezența unor celule stelate — celulele litorale Kupfer, care aparțin sistemului reticuloendotelial. Înainte de a forma sinusoidul, ramura perilobulară a venei porte prezintă un sfincter muscular numit sfincter de intrare. Sinusoidele converg spre vena centrolobulară, situată în centrul lobului. Înainte de a se deschide în vena centrolobulară, sinusoidul este prevăzut cu un sfincter de ieșire. Ramura perilobulară a arterei hepatice, după ce dă ramuri care vascularizează elementele spațiului portal, pătrunde și ea în lobul și se îndreaptă spre sinusoidul hepatic, în care se termină. La locul de pătrundere în sinusoid există un sfincter muscular arteriolar. Sinusoidele lobulului hepatic reprezintă deci locul de joncțiune al sîngelui arterial adus de artera hepatică cu sîngele portal, adus de vena portă. În ceea ce privește rolul sfincterelor menționate, ele realizează un sistem de a regla fluxul sangvin la nivelul ficatului pe de o parte, iar pe de alta, de a egaliza presiunea sîngelui, mai mare în sîngele arterial și mai mică în sîngele portal, necesară amestecului de sînge arterial cu portal. Venele centrolobulare părăsesc lobulul pe la baza lor și devin vene sublobulare (colectoare). Ele se unesc și formează venele hepatice (2—3) care sînt tributare venei cave inferioare. Ele părăsesc ficatul la nivelul marginii posterioare.

Vascularizația ficatului. Ficatul are o dublă vascularizație: nutritivă și funcțională.

— *Vascularizația nutritivă* este reprezentată de artera hepatică, ramură din trunchiul celiac, care aduce la ficat sînge încărcat cu O_2. Artera hepatică urcă în pediculul hepatic și la nivelul hilului se divide în: ramura dreaptă și ramura stîngă. Ramura dreaptă se împarte în două ramuri segmentare: una pentru segmentul anterior al lobului drept, alta pentru segmentul posterior al lobului drept. Ramura stîngă a arterei hepatice se împarte și ea în două ramuri segmentare, una pentru segmentul medial al lobului stîng, alta pentru segmentul lateral.

Din arterele segmentare se desprind ramuri subsegmentare. Ultimele ramuri ale arterei hepatice sînt ramurile perilobulare din spațiul portal. Ele pătrund în lobulul hepatic, terminîndu-se în sinusoidul hepatic.

— *Vascularizația funcțională a ficatului* este realizată de vena portă care începe prin capilare la nivelul tubului digestiv și sfîrșește prin capilare la nivelul ficatului. Vena portă se formează înapoia colului pancreasului, din unirea venelor mezenterică superioară, splenică și mezenterică inferioară. Vena portă aduce la ficat sînge încărcat cu substanțe rezultate în urma absorbției intestinale. Ea urcă în pediculul hepatic și ajunsă în hilul ficatului, se împarte ca și artera hepatică într-o ramură dreaptă și o ramură stîngă. Ramura dreaptă se împarte în două ramuri segmentare: una pentru segmentul anterior, o a doua pentru segmentul posterior. Ramura stîngă se împarte în două ramuri segmentare: una pentru segmentul medial, alta pentru segmentul lateral al lobului stîng. Ramurile segmentare dau, la rîndul lor, ramuri subsegmentare. Ultimele ramificații ale venei porte sînt ramurile perilobulare de la nivelul spațiului portal. Acestea pătrund în lobulul ficatului, unde se capilarizează formînd sinusoidele hepatice. Sîngele venos al ficatului este colectat de 2—3 vene hepatice care ajung în vena cavă inferioară.

Limfaticele ficatului ajung în ganglionii din hilul ficatului (ganglioni hilari) și de aici în ganglionii celiaci.

Inervația ficatului este asigurată de plexul hepatic format din fibre simpatice și parasimpatice. Plexul hepatic se desprinde din plexul celiac.

CĂILE BILIARE

Sînt conducte prin care bila, secretată continuu de către celulele hepatice, ajunge în duoden numai atunci cînd în duoden ajung produșii digestiei gastrice. Căile biliare prezintă două părți: una intrahepatică, alta extrahepatică.

— Căile biliare intrahepatice sînt canaliculele biliare intralobulare, colangiolele (canaliculele Hering), canaliculele biliare perilobulare și interlobulare. Acestea din urmă formează două canale hepatice: stîng și drept.

— Căile biliare extrahepatice cuprind un canal principal (canalul hepatocoledoc) și un aparat diverticular, format din vezica biliară și canalul cistic.

Canalul hepatic comun. Se formează din unirea, la nivelul hilului, a celor două canale hepatice — stîng și drept. Face parte din elementele pediculului hepatic. Are o lungime de 4—5 cm și calibru de 5 mm. De la originea sa, coboară în jos, spre stînga și înapoi, fiind situat cu celelalte elemente ale pediculului hepatic între cele două foițe ale epiploonului mic.

Canalul coledoc. Ține de la locul unde, din canalul hepatic comun se desprinde canalul cistic și pînă la papila mare de la nivelul duodenului II. În traiectul său descrie un arc cu concavitatea spre dreapta. Trece inițial înapoia porțiunii superioare a duodenului, apoi pe dinapoia capului pancreasului și, în final, străbate peretele porțiunii descendente a duodenului în care se deschide. Are o lungime de 5—6 cm și calibru de 5—6 mm. Se deschide împreună cu canalul principal al pancreasului, în ampula hepatopancreatică (Vater), care proemină în duodenul II sub forma papilei mari. La nivelul ampulei hepatopancreatice se află un sfincter muscular — sfincterul Oddi.

Canalul cistic leagă calea biliară principală cu vezica biliară. El urcă spre vezica biliară, avînd o lungime de 3 cm și un calibru de 4 mm. Canalul cistic are rolul de a conduce bila în perioadele interdigestive spre vezica biliară.

Vezica biliară (colecistul) este un rezervor în care se depozitează bila în perioadele interdigestive și se concentrează prin absorbția de apă și secreția de mucină de către epiteliul vezicii biliare. Vezica biliară este situată pe fața viscerală a ficatului, ocupînd segmentul anterior al șanțului sagital drept.

Vezica biliară are formă de pară, lungimea de 8—10 cm și lărgimea de 4 cm. Capacitatea ei este de 50—60 cm^3. Prezintă un fund, un corp și un col. Fundul vezicii reprezintă extremitatea anterioară a vezicii și depășește marginea inferioară a ficatului. Corpul vezicii a cărui față inferioară este acoperită de peritoneu, vine în raport superior cu ficatul, iar inferior cu colonul transvers. Uneori vezica este învelită în întregime de peritoneu, care-i formează un mezou — mezocist — ce o leagă de fața viscerală a ficatului. Colul vezicii se continuă cu canalul cistic.

PANCREASUL

Este o glandă voluminoasă, anexată tubului digestiv, avînd atît o funcție exocrină cît și una endocrină. Anterior este acoperit de peritoneu, fiind situat pe peretele profund al cavității abdominale. Forma pancreasului este de ciocan, de „J" culcat sau de cîrlig. Pancreasul traversează vertebrele T_{12}, L_1 și L_2, prezentînd la acest nivel o concavitate care privește spre coloana vertebrală. Are greutate de 80—100 g, lungime de 15—20 cm și grosime de 2 cm. Pancreasul este un organ friabil, rupîndu-se ușor. I se descriu pancreasului un cap, un col, un corp și o coadă (fig. 105).

— *Capul pancreasului* este porțiunea lățită a glandei, înconjurat de duoden. În partea inferioară prezintă procesul uncinat, pe dinaintea căruia trec artera și vena mezenterică superioară. Posterior de capul pancreasului trece canalul coledoc, iar anterior, colonul transvers și mezocolonul, fapt pentru care capul pancreasului prezintă un segment supramezocolic și altul inframezocolic. Circumferința capului este în raport cu duodenul. Raportul capului pancreasului cu canalul coledoc explică apariția icterului mecanic în tumori ale capului pancreasului.

— *Colul pancreasului* are raport posterior cu originea venei porte.

— *Corpul pancreasului* are, pe secțiune, aspect triunghiular, prezentînd trei fețe: fața anterioară vine în raport cu fața posterioară a stomacului, fața posterioară, cu aorta, rinichiul stîng, artera și vena splenică și fața inferioară, cu colonul transvers și cu ansele intestinale.

— *Coada pancreasului* se îndreaptă spre splină, de care este legată prin ligamentul spleno-pancreatic.

Structura pancreasului. La periferie, pancreasul este acoperit de o capsulă conjunctivă subțire, de la care pleacă,

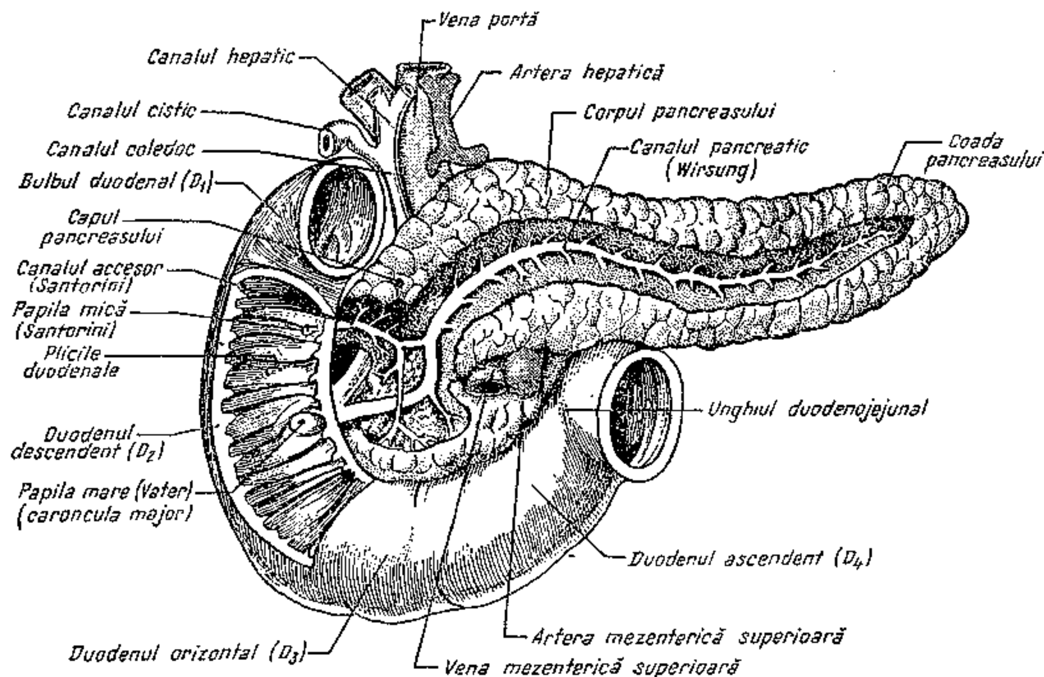


Fig. 105. Schema duodenului și pancreasului.

în interior, septuri conjunctivo-vasculare care separă lobulii pancreatici între ei. Pancreasul exocrin, care reprezintă masa principală a glandei, este format din acini asemănători cu ai glandelor salivare (de unde și numele de glandă salivară a abdomenului). De la acini pleacă ducte colectoare interlobulare și interlobare care, prin confluare formează ductele — principal (Wirsung) și accesor (Santorini). Ductul principal Wirsung străbate pancreasul de la coadă spre cap și se deschide, împreună cu canalul coledoc, în ampula hepato-pancreatică (Vater). Ductul pancreatic accesor Santorini ia naștere din ductul principal la nivelul capului pancreasului și se deschide în duodenul II, la nivelul papilei mici.

Pancreasul endocrin este reprezentat de insulele Langerhans care sînt răspîndite difuz în țesutul exocrin. Constituie 1—3% din volumul glandei și sînt mai numeroase în coada pancreasului. Insulele Langerhans sînt formate din cordoane celulare, înconjurate de sinusoide. În structura cordoanelor celulare se descriu celule α, care secretă glucagonul și celulele β care secretă insulina. Celulele β sînt mai numeroase (80% din totalul celulelor endocrine).

Arterele pancreasului provin din artera hepatică comună, din splenică și din artera mezenterică superioară. Arterele pancreatico-duodenale, provenite din hepatica comună și artera mezenterică superioară, irigă capul pancreasului, în timp ce corpul și coada primesc sînge prin arterele pancreatice provenite din artera splenică. Venele pancreasului ajung în vena splenică și mezenterică superioară (deci în vena portă).

Inervația pancreasului provine din plexul celiac. *Limfaticele* ajung în ganglionii pancreaticosplenici.

Structura tubului digestiv subdiafragmatic

De la exterior spre interior, în structura tubului digestiv subdiafragmatic se întîlnesc următoarele tunici: seroasă (reprezentată de peritoneu), musculară, submucoasă și mucoasă.

Peritoneul	Stratul muscular	Stratul submucos	Mucoasa
1	2	3	4
STOMAC: — Peritoneul acoperă amîndouă fețele stomacului și, ajuns la nivelul marginilor stomacului, se reflectă formînd ligamente. De pe marginea stîngă (curbura mare) se formează ligamentul gastro-diafragmatic, gastro-splenic, și gastro-colic. De pe marginea dreaptă (curbura mică) se formează ligamentul gastro-hepatic (micul epiploon).	Format din fibre musculare netede, pe trei planuri: în plan superficial — fibre longitudinale, în plan mijlociu — fibre circulare, în plan profund — fibre oblice. Fibrele circulare, prin îngroșarea lor, formează în jurul orificiului piloric, sfincterul piloric. Musculatura stomacului prezintă contracții tonice și peristaltice. În stratul muscular se găsește plexul mienteric Auerbach.	E format din țesut conjunctiv lax, în care găsim numeroase vase (sangvine și limfatice), nervi și plexul submucos Meissner.	Mucoasa gastrică este roșie, formată dintr-un epiteliu simplu, cilindric și un corion care conține glandele gastrice care, după situația lor, sînt: cardiale, fundice și pilorice. Glandele cardiale, puțin numeroase, sînt de tip tubulos-ramificat și produc mucus.

1	2	3	4
			Glandele fundice, cele mai numeroase, se găsesc la nivelul fundului și corpului stomacului. Glandele pilorice sînt scurte, de tip tubulos simplu sau ramificat. Secretă mucus și gastrină. În corion găsim și țesut limfoid.
DUODEN Porțiunea superioară a duodenului este învelită de peritoneu, în rest este extraperitoneal, fiind acoperit de seroasă numai pe fața anterioară. Posterior se află o fascie de coalescență, rezultată din alipirea peritoneului de peretele posterior al abdomenului (fascia Treitz).	*Vezi jejunoileon*	Este format din țesut conjunctiv lax și conține vase sangvine, limfatice, nervi, plexul submucos Meissner și foliculi limfoizi. În submucoasă întîlnim și glandele Brunner — caracteristice duodenului. Se găsesc, în special în duodenul I și II. Sînt glande tubulo-alveolare, ramificate, care au în structura lor celule mucoase.	*Vezi jejunoileon*
JEJUNOILEON La nivelul jejunoileonului, peritoneul îl învelește complet și se continuă cu mezenterul. Mezenterul se fixează prin rădăcina sa la peretele posterior al abdomenului, de-a lungul unei linii oblice care pleacă de la flancul stîng al vertebrei L_2 și ajunge în fosa iliacă dreaptă.	Este format din fibre musculare netede, dispuse în două straturi: unul extern, mai subțire, format din fibre longitudinale și altul intern, mai gros, format din fibre circulare. În stratul muscular se găsește plexul mienteric Auerbach. Acțiunea celor două straturi musculare se îmbină, astfel că intestinul subțire efectuează mișcări complexe cum sînt: peristaltice, segmentare și pendulare.	Este format din țesut conjunctiv lax și conține vase sangvine, limfatice, nervi, plexul submucos Meissner și foliculi limfoizi.	Are culoare cenușie-roșiatică în perioadele de repaos și devine roșie în timpul digestiei. Prezintă plici circulare și vilozități intestinale. Plicile circulare, numite și valvule conivente Kerkring, sînt cute transversale permanente. Se văd cu ochiul liber. Lipsesc în prima parte a duodenului și în ileonul terminal. Vilozitățile intestinale, vizibile la lupă și microscop, se prezintă ca niște proeminențe cilindrice sau conice, întîlnite de-a lungul întregului intestin subțire. Sînt în număr de 5 milioane, realizînd o suprafață de 50 m^2.

1	2	3	4
			La suprafață au un epiteliu unistratificat în care predomină celulele cu platou striat. Sub epiteliu se află fibre musculare netede care favorizează absorbția. În centrul vilozității într-o stromă de țesut conjunctiv găsim o venulă, o rețea de capilare, o arteriolă și un vas limfatic central — vasul chilifer. Mucoasa intestinului subțire este reprezentată printr-un epiteliu de suprafață și prin glandele intestinale Lieberkühn, comune întregului intestin. Corionul, situat sub epiteliu, este format din țesutul conjunctiv care conține numeroase limfocite, dispuse difuz sau grupate în foliculi limfatici solitari sau agregați (plăcile Payer) care sînt formați din mai mulți foliculi izolați, alăturați (fig. 106). Epiteliul de suprafață acoperă vilozitățile și la baza lor se înfundă în corion formînd glandele intestinale Lieberkühn. Epiteliul de suprafață este un epiteliu unistratificat, format din celule cu platou striat (enterocite), din celule caliciforme (mucoase) și celule argentofine. Glandele Lieberkühn sînt tubuloase simple, situate în corion. În structura lor se disting mai multe tipuri de celule: celule cu platou striat, celule caliciforme, celule argentafine

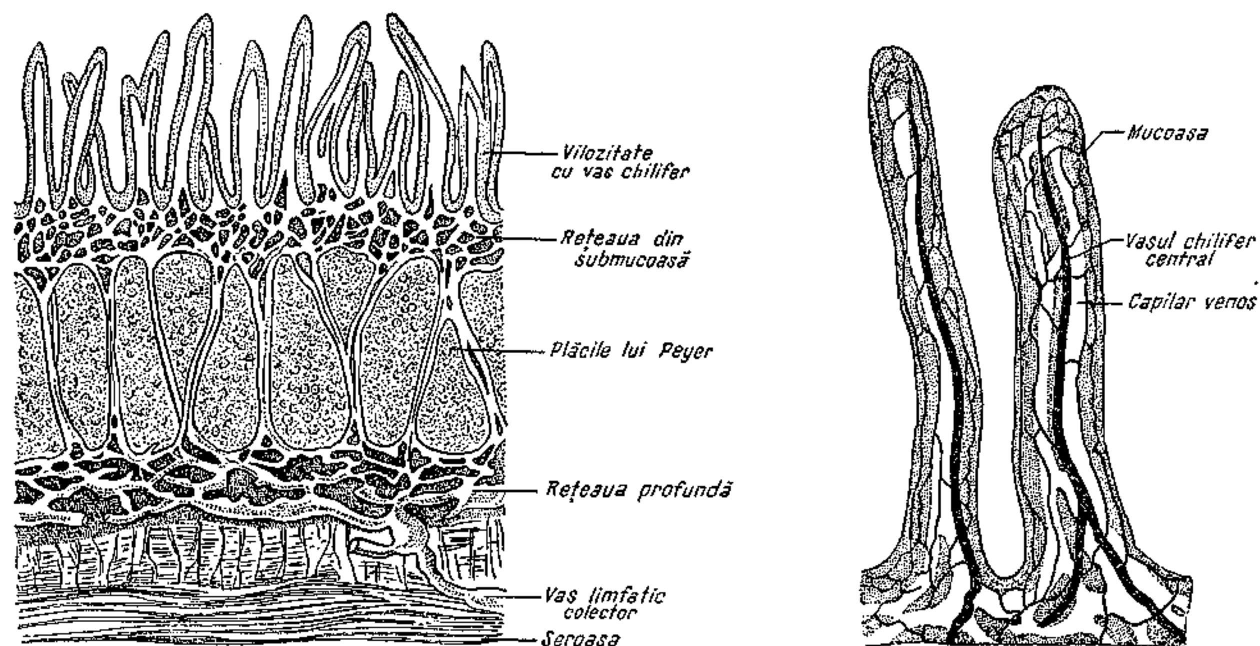


Fig. 106. Vilozități intestinale.

1	2	3	4
			și celule Paneth care sînt elemente secretorii specifice ale glandelor intestinale. Grupate în număr de 5—8 celule, celulele Paneth ocupă partea profundă a glandei.
COLONUL: — La nivelul cecului, în 80% din cazuri, peritoneul învelește în întregime cecul. Uneori peritoneul formează și un mezou, mezocec. Mai rar cecul este acoperit numai anterior de peritoneu (cec retro-peritoneal). — La nivelul apendicelui peritoneul îl învelește complet și apoi formează un mezoapendice care se fixează pe cec și ileon. — La nivelul colonului ascendent și descendent peritoneul învelește colonul numai anterior, posterior existînd o fascie de coalescență numită Toldt. Colonul ascendent și descendent sînt astfel retroperitoneali. — La nivelul colonului transvers și sigmoid, peritoneul învelește colonul și se reflectă apoi pe peretele posterior al cavității abdominale, formîndu-se astfel mezocolonul și respectiv mezosigmoidul care conferă mobilitate colonului transvers și sigmoid.	Este constituită din fibre musculare netede, longitudinale în stratul extern și circulare în stratul intern. Fibrele longitudinale sînt dispuse sub forma celor trei tenii la colonul ascendent, transvers și descendent și numai două la nivelul colonului sigmoid. În stratul muscular există plexul mienteric Auerbach.	Format din țesut conjunctiv lax și conține vase de sînge, limfatice, plexul submucos Meissner și foliculi limfoizi.	Tunica mucoasă este formată dintr-un epiteliu de suprafață unistratificat, din aparat glandular și din corion. Nu are plici circulare și nici vilozități. Epiteliul de suprafață este format din celule cu platou striat, caliciforme și argentafine. Aparatul glandular este reprezentat prin glandele Lieberkühn care sînt numeroase, adînci și lipsite de celule Paneth. Epiteliul glandelor Lieberkühn este format din celule cu platou striat, caliciforme și argentofine. Corionul, format din țesut conjunctiv lax, bogat în infiltrații limfoide (foliculi limfatici solitari). Formațiunile limfoide sînt numeroase în mucoasa și submucoasa apendicelui.

1	2	3	4
RECTUL: Peritoneul acoperă numai jumătatea anterosuperioară a ampulei rectale, apoi se reflectă la bărbat pe vezica urinară (fundul de sac recto-vezical), și la femeie pe uter (fundul de sac recto-uterin). În rest, rectul este învelit de o adventiție formată din țesut conjunctiv lax.	Este format din fibre musculare netede care se disting, în: longitudinale, la exterior și circulare, la interior. Fibrele longitudinale nu coboară toate pînă la anus. Stratul circular se găsește profund și se întinde pe toată lungimea rectului. În jurul canalului anal, fibrele circulare formează sfincterul intern al anusului. În afara lui se află sfincterul extern al anusului, care are în structura sa fibre striate.	Este format din țesut conjunctiv lax și este foarte bogat în plexuri venoase a căror dilatare duce la formarea hemoroizilor.	Este formată dintr-un epiteliu de suprafață, din glande și corion. La nivelul ampulei rectale are un epiteliu simplu cilindric cu celule cu platou striat, celule caliciforme. La acest nivel se găsesc și numeroase glande Lieberkühn, formate aproape exclusiv din celule caliciforme care secretă mucus. Corionul este infiltrat de formațiuni limfoide. În regiunea canalului anal mucoasa are aceeași structură ca la nivelul ampulei. Imediat sub baza coloanelor anale (Morgagni) epiteliul devine pavimentos, stratificat necheratinizat. Limita dintre acest epiteliu și epiteliul precedent este reprezentată de linia ano-rectală. Epiteliul stratificat necheratinizat se continuă cu o piele modificată, pigmentată, lipsită de glande și de fire de păr. Epiteliul stratificat se cheratinizează treptat și corionul ia caracterele dermului.

XIX. FIZIOLOGIA APARATULUI DIGESTIV

Alimentele reprezintă un amestec heterogen de substanțe chimice, organice și anorganice, cu stare de agregare solidă sau lichidă, care ajunse în organism asigură creșterea, reînnoirea și repararea țesuturilor.

Majoritatea substanțelor întîlnite în alimente au o structură chimică complexă, diferită de constituenții organismului și nu pot fi preluate ca atare din natură. Ele suferă, în prealabil, o serie de transformări mecanice, fizice și chimice. Totalitatea acestora reprezintă digestia alimentelor. Prin digestie, principiile alimentare sînt descom-

puse în molecule simple, fără specificitate biologică, în stare de a fi absorbite la nivelul mucoasei intestinale.

Sediul digestiei este tubul digestiv, deci digestia este extracelulară. Există și celule care păstrează facultatea de digestie intracelulară (leucocitele).

În tubul digestiv se întîlnesc fermenți specifici pentru fiecare tip de substanță organică. Astfel, proteinele suferă acțiunea fermenților proteolitici (sau proteaze) care le desfac pînă la aminoacizi. Glucidele cu moleculă mare (polizaharidele) sînt scindate de către fermenții *amilolitici (glicolitici)* pînă la stadiul de glucide simple. Lipidele sînt hidrolizate sub acțiunea unor fermenți *lipolitici (lipaze)*.

Digestia alimentelor este un proces unitar care începe în cavitatea bucală și sfîrșește în intestin. Totuși, pentru ușurarea înțelegerii se vor prezenta separat transformările suferite de alimente în diferite segmente anatomice ale tubului digestiv.

1. DIGESTIA BUCALĂ

La nivelul cavității bucale, cît și al altor organe digestive, întîlnim o activitate secretorie și o activitate motorie care sînt cauza transformărilor suferite de alimente.

Activitatea secretorie a cavității bucale se datorește *glandelor salivare*.

Produsul de secreție al acestor glande este saliva. Ea este un lichid transparent, filant secretat în cantitate de 1,5 l/24 ore. În compoziția salivei intră 99,5% *apă* și 0,5% *rezidiu uscat*. În rezidiu se întîlnesc 0,3 g% *substanțe organice* și 0,2 g% *substanțe minerale*. Dintre substanțele organice, rolul cel mai important în digestie îl are amilaza salivară (ptialina), un ferment glicolitic și mucina, o substanță glucido-protidică complexă.

Saliva mai conține substanțe bactericide (lizozimul) și unii produși de eliminare (uree, acid uric). În salivă se pot elimina și viruși, la bolnavii de hepatită epidemică sau poliomielită, precum și virusul turbării la animalele atinse de această boală (cîini, vulpi, pisici). Dintre substanțele minerale, menționăm ClK și ClNa, precum și bicarbonații de K și Na.

Rolurile salivei

1. Rol în digestia alimentelor prin: acțiunea de solubilizare și înmuiere produsă de apă; acțiunile de legare și lubrifiere a bolului alimentar, realizate de mucină. Amilaza salivară produce digestia chimică a amidonului fiert sau copt (fig. 107). Astfel, în prezența apei și a ionilor de clor, are loc hidroliza în trepte a acestui polizaharid și formarea unor produși intermediari cu moleculă din ce în ce mai simplă, mergînd pînă la maltoză.

2. Rol antiseptic datorat prezenței lizozimului.

3. Rol excretor de substanțe toxice endogene (uree, acid uric) sau exogene (Pb, Hg).

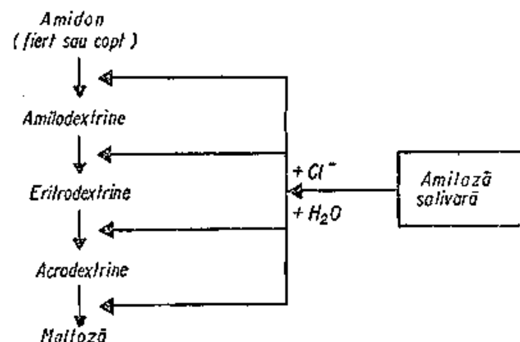


Fig. 107. Etapele digestiei amidonului.

4. Rol de spălare a cavităţii bucale de unele substanţe inerte (exemplu nisip).

5. Favorizează vorbirea articulată, prin menţinerea umedă a mucoasei bucale.

6. Favorizează elaborarea senzaţiei gustative prin dizolvarea substanţelor cu gust specific.

7. Rol în menţinerea echilibrului hidric al organismului prin uscarea gurii şi apariţia senzaţiei de sete, în stări de deshidratare.

8. Rol de agent infectant, la persoanele ce elimină agenţi patogeni prin salivă.

Reglarea secreţiei salivare se face prin mecanisme reflexe condiţionate şi necondiţionate. *Centrii nervoşi de reglare* sînt situaţi în bulb (nucleul salivator inferior care stimulează secreţia glandei parotide) şi în punte (nucleul salivator superior ce stimulează secreţia glandelor submaxilare şi sublinguale). Receptorii ce declanşează secreţia salivară sînt, în primul rînd, receptorii gustativi de la nivelul limbii. Ei sînt stimulaţi de contactul mecanic cu alimentele, precum şi de natura chimică a alimentelor dizolvate în salivă. Pavlov a arătat că saliva îşi adaptează cantitatea şi compoziţia chimică în funcţie de alimentul ingerat. *Căile aferente* sînt reprezentate de fibrele senzitive ale nervilor cranieni V, VII, IX şi X. *Căile eferente* sînt reprezentate de nervii parasimpatici anexaţi unor nervi cranieni. Astfel, comanda secretorie pentru parotidă soseşte prin fibrele parasimpatice ale perechii a IX-a, iar pentru submaxilare şi sublinguale, prin fibrele parasimpatice anexate perechii a VII-a. Stimularea simpaticului declanşează o secreţie bogată în fermenţi. Centrii simpatici sînt localizaţi în primele două segmente toracale.

Reflexele condiţionate salivare au fost studiate de către Pavlov. Aceste reflexe sînt declanşate de excitanţi condiţionali (lumină, sunet) şi necesită participarea scoarţei cerebrale. Prin reflexe condiţionate secreţia salivară se poate declanşa şi în afara contactului aliment-receptori gustativi, doar la gîndul şi văzul mîncării sau auzul unui semnal care anunţă masa (trompetă, clopot etc.).

Secreţia salivară poate fi reglată şi pe cale umorală. Ea este inhibată de către hormonul antidiuretic (vasopresina).

Activitatea motorie a cavităţii bucale constă din masticaţie şi timpul bucal al deglutiţiei.

Masticaţia, este un act reflex involuntar, ce se poate desfăşura şi sub control voluntar.

Organele masticaţiei sînt oasele maxilare şi dinţii (*organe pasive)* precum şi muşchii masticatori ai limbii şi ai obrajilor *(organe active)*.

Mişcările masticatorii sînt produse ca urmare a intrării în activitate, în diferite combinaţii, a organelor active ale masticaţiei. Sub acţiunea maseterilor şi a muşchilor temporali, de o parte, şi a muşchilor digastrici, de altă parte, mandibula execută mişcări de *ridicare şi coborîre*. Aceste mişcări asigură acţiunile de tăiere (cu incisivii), de sfîşiere (cu caninii) şi de strivire (cu premolarii) a alimentelor.

Un rol special îl joacă *limba*, prin a cărei contracţie, relaxare şi deplasare neîntreruptă, alimentele sînt îndreptate spre suprafeţele masticatorii ale dinţilor. *Musculatura obrajilor*, contribuie, de asemenea, la realizarea actului masticaţiei atît sub raport mecanic cît şi estetic.

Reglarea masticaţiei se face prin mecanisme reflexe, condiţionate şi necondiţionate.

Centrii masticatori sînt localizaţi în punte, în vecinătatea nucleului masticator al trigemenului care inervează motor principalii muşchi masticatori. Aceştia coordonează reflexele complexe de ridicare şi coborîre a mandibulei. Musculatura limbii este coordonată de nervul XII, iar a obrajilor, de nervul VII.

La reglarea masticației participă structuri mai întinse, atît din punte cît și din bulb. Receptorii reflexului masticator sînt localizați în cavitatea bucală. Actul masticației poate fi declanșat și voluntar, prin stimuli veniți de la scoarță și apoi se poate continua automat prin intervenția sistemului nervos extrapiramidal. Masticația este un act reflex învățat. Copilul nou-născut are mișcări de expulzie a alimentelor introduse în gură și nu de masticație. În afară de rolul mecanic, masticația favorizează contactul alimentelor cu receptorii bucali și olfactivi ce vor declanșa secreția salivară și gastrică.

Ca urmare a transformărilor din cavitatea bucală, alimentele sînt omogenizate, îmbibate cu mucus și formează *bolul alimentar*.

În afară de rolul digestiv, cavitatea bucală mai are rol de suprafață receptorie a analizatorului gustativ și de organ fonator, cu funcție specializată în vorbirea articulată la om.

Deglutiția

Prin deglutiție se înțeleg totalitatea activităților motorii care asigură transportul bolului alimentar din cavitatea bucală în stomac. Deglutiția este un act reflex ce se desfășoară în trei timpi:

1. timpul bucal
2. timpul faringian
3. timpul esofagian.

TIMPUL BUCAL al deglutiției face parte din activitatea motorie a cavității bucale. Acesta este un timp foarte scurt și este supus controlului voluntar. După terminarea masticației și formarea bolului alimentar, se dă comanda voluntară a deglutiției. Principalul efector al acestui timp este limba, care împinge posterior bolul alimentar, spre istmul buco-faringian. Din momentul contactului bolului alimentar cu receptorii din mucoasa istmică, începe timpul al 2-lea. Caracterul voluntar al timpului bucal al deglutiției este relativ. În timpul mesei, persoanele preocupate de alte activități, distrate etc. pot înghiți cantități importante de alimente fără să se preocupe special de fiecare deglutiție în parte.

— *TIMPUL FARINGIAN* este, de asemenea, foarte scurt, dar foarte complex, realizarea lui necesită o coordonare perfectă a ordinii de intrare în acțiune a organelor efectorii. El este un timp reflex, declanșat de contactul bolului alimentar cu receptorii faringieni. Ca urmare, este excitat centrul deglutiției din bulb, care coordonează intrarea în activitate a unor grupe de mușchi:

— prin contracția simultană a mușchilor planșeului bucal și ai limbii, are loc proiecția bolului alimentar prin istmul bucofaringian în orofaringe;

— concomitent, are loc contracția mușchilor stilohioidieni care ridică laringele și îl plasează la baza limbii, sub epiglotă. În felul acesta, căile respiratorii inferioare sînt închise;

— prin contracția mușchilor tensori și ridicători ai vălului palatin, acesta este ridicat astupînd astfel comunicarea faringelui mijlociu cu rinofaringele și fosele nazale. Singura cale deschisă în fața bolului alimentar rămîne gura esofagului spre care acesta se îndreaptă, atît datorită forței cu care a fost proiectat de către limbă, cît și contracției de sus în jos a constrictorilor faringelui.

Deoarece în faringe are loc încrucișarea căilor aeriană și digestivă, dereglările deglutiției faringiene pot duce, fie la pătrunderea alimentelor în laringe, fie la proiectarea lor afară, prin fosele nazale.

— *TIMPUL ESOFAGIAN* este, de asemenea, un timp involuntar, ce durează cîteva secunde (6 s) pentru solide și este foarte scurt pentru lichide (1 s). Coordonarea

mișcărilor esofagului este făcută tot de centrul bulbar al deglutiției prin intermediul nervului vag.

Progresia alimentelor solide la nivelul esofagului se face prin *mișcări peristaltice*. (O mișcare peristaltică este o undă propagată în lungul unui organ cavitar. Ea prezintă o undă de relaxare urmată de o undă de contracție. Acestea se deplasează odată cu corpul transportat).

Esofagul prezintă două feluri de unde peristaltice:

— *unde peristaltice primare*, coordonate de vag, inițiate la nivelul faringelui și propagate pînă la cardia pe care o deschid și astfel bolul alimentar pătrunde în stomac. Cardia este apoi închisă la loc;

— *undele peristaltice secundare* sînt declanșate de excitarea plexurilor nervoase din pereții esofagului.

Alimentele lichide cad direct pînă la cardia.

Reglarea deglutiției se face exclusiv nervos. Centrii sînt localizați în bulb. Stimulii aferenți sosesc de la receptorul organelor străbătute de bolul alimentar pe calea nervilor V, VII, IX și X. Comenzile eferente ajung la efectori pe aceiași nervi și prin hipoglos (XII). Pe baza conexiunilor centrilor deglutiției cu centrii respiratori, în timpul deglutiției, respirația se oprește.

2. DIGESTIA GASTRICĂ

În stomac, alimentele suferă consecința activităților secretorii și motorii ale stomacului, care produc transformarea bolului alimentar într-o pastă omogenă numită chim gastric.

ACTIVITATEA SECRETORIE A STOMACULUI se datorește glandelor gastrice și celulelor secretorii izolate.

GLANDELE GASTRICE sînt glande exocrine, tubulare, ramificate, grupate după criteriul topografic în glande cardiale, glandele corpului stomacului (fundice) și glandele pilorice. Glandele cardiale și cele pilorice secretă mucus iar glandele fundice secretă cele trei componente majore ale sucului gastric (HCl, fermenți și mucus). Glandele fundice sînt alcătuite din trei tipuri de celule secretorii:

— celule principale ale corpului glandei, secretoare de pepsină;

— celule parietale sau oxintice, care secretă acidul clorhidric;

— celule accesorii, care secretă mucus.

Mucusul mai este secretat și de celulele izolate, răspîndite în mucoasa gastrică.

SUCUL GASTRIC este produsul de secreție al glandelor gastrice. Cea mai importantă proprietate fizico-chimică a sa este aciditatea. pH-ul sucului gastric este foarte scăzut, în jurul valorii 1,5. Cantitatea de suc gastric secretat în 24 ore este de 1,5 litri. Este un lichid limpede, incolor sau opalescent.

Compoziție. Sucul gastric conține 99% *apă* și 1% *rezidiu uscat;* din acesta 0,4% sînt substanțe organice și 0,6% anorganice (HCl, ClNa, ClK, fosfați de Ca și de Mg).

Principalele substanțe organice ale sucului gastric sînt fermenții și mucina, iar dintre cele anorganice, acidul clorhidric.

În sucul gastric s-au evidențiat două feluri de fermenți:

— fermenți proteolitici, reprezentați de pepsină și gelatinază și labferment;

— fermenți lipolitici, reprezentați de lipaza gastrică.

Pepsina este secretată într-o formă inactivă numită pepsinogen de către celulele principale. Activarea pepsinogenului are loc sub acțiunea HCl, la nivelul tubului excretor al glandei. Sub acțiunea pepsinei proteinele sînt digerate pînă la peptone, trecînd prin stadii succesive de albumoze primare și secundare. Acțiunea pepsinei este po-

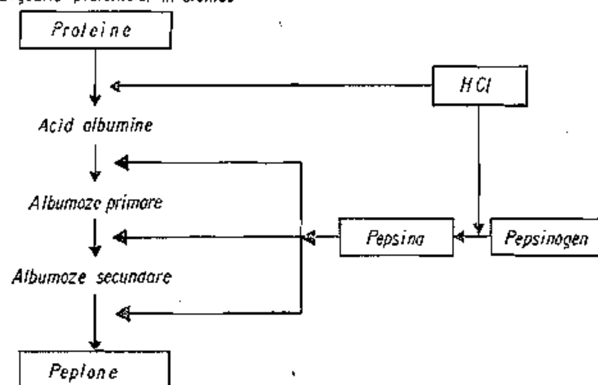


Fig. 108. Digestia proteinelor în stomac.

tențată de HCl, care atacă proteinele ingerate, transformîndu-le în acid-albumine (sintonine) (fig. 108).

Labfermentul este secretat numai la copilul mic în perioada de alăptare. Rolul său este de a coagula laptele, pregătindu-l digestiei ulterioare. Sub acțiunea lui și în prezența Ca^{++}, cazeinogenul solubil se transformă în paracazeinat de Ca, insolubil.

Lipaza gastrică este un ferment lipolitic cu activitate slabă. Ea hidrolizează numai lipidele ingerate sub formă de emulsie (lapte, frișcă etc.) pe care le separă în acizi grași și glicerină.

Gelatinaza, hidrolizează gelatina.

Mucina este o glicoproteidă, secretată de celulele mucoase. Joacă rol de protecție a mucoasei gastrice, atît mecanic cît și chimic (față de acțiunea autodigestivă a HCl și a pepsinei). În sucul gastric s-a evidențiat o substanță cu rol în absorbția vitaminei B_{12}, numită factorul antianemic intrinsec al lui Castle.

Acidul clorhidric (HCl) este secretat de celulele parietale. Un litru de suc gastric conține 4 g HCl. pH-ul sucului gastric este cel mai coborît pH din organism. Acidul clorhidric îndeplinește următoarele roluri:

— activează pepsinogenul în pepsină;

— pregătește proteinele pentru acțiunea pepsinei, transformîndu-le în acid-albumine;

— rol antiseptic;

— reduce Fe din forma trivalentă (ferică) neabsorbabilă, în forma bivalentă (feroasă), ușor absorbabilă, deci rol antianemic.

— rol în mecanismul de închidere și deschidere a pilorului.

Recoltarea sucului gastric, în vederea analizei și studierii mecanismelor de reglare a secreției sale se face la om prin *tubaj gastric* iar la animale (cîini) prin mai multe procedee experimentale:

1. *Micul stomac al lui Heidenhain* (fig. 109) ce constă în confecționarea chirurgicală a unui stomac mic dintr-o porțiune a pe-

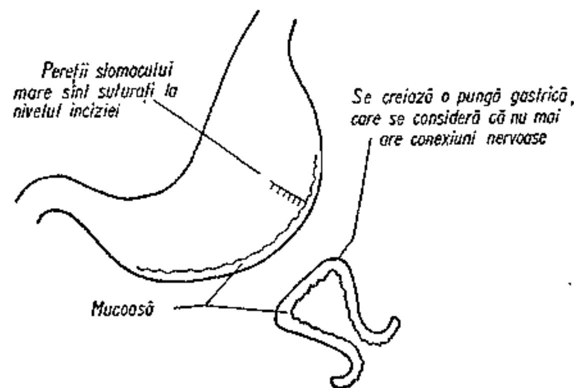


Fig. 109. Micul stomac Heidenhain.

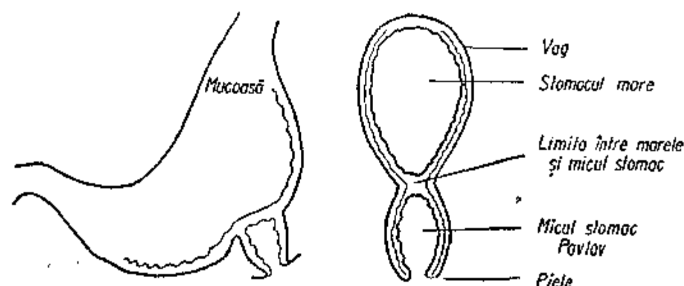


Fig. 110. Micul stomac Pavlov.

retelui marelui stomac. Acest model permite cercetarea mecanismului umoral de reglare.

2. Micul stomac al lui Pavlov (fig. 110), croit tot pe cale chirurgicală din peretele marelui stomac, cu deosebirea că se păstrează inervația micului stomac. Este un model pentru studierea mecanismelor neuroumorale de reglare a secreției gastrice.

3. Fistula gastrică (Babkin) ce constă în crearea unei deschizături în stomac și aducerea ei la suprafața pielii.

4. Fistula dublă esofagiană și gastrică (Pavlov) denumită și *prînzul fictiv*. Este un model pentru studiul fazei cefalice a secreției gastrice.

Reglarea secreției gastrice se face prin mecanisme nervoase și umorale.

Mecanismul nervos este coordonat de centrul gastrosecretor din bulb care, pe calea nervilor vagi, determină secreția gastrică. Centrul gastrosecretor poate fi stimulat atît prin reflexe necondiționate cît și condiționate. Reflexele necondiționate gastrosecretorii se declanșează la contactul alimentului cu receptorii de la nivelul cavității bucale și stomacului, precum și la mirosul acestora. Reflexele condiționate sînt declanșate de excitanți indiferenți, deveniți condiționali, ca sunetul, lumina, gîndul la mîncare etc. Aceste reflexe necesită integritatea scoarței cerebrale.

Mecanismul umoral de reglare se desfășoară cu participarea unui hormon gastrosecretor, gastrina, secretat de mucoasa antrului piloric. Gastrina stimulează, în primul rînd, secreția de acid clorhidric. Secreția de gastrină, la rîndul ei, este reglată în funcție de pH-ul sucului gastric. Cînd acesta crește, se secretă mai multă gastrină care determină o producție sporită de HCl și pH-ul va scădea. HCl inhibă secreția de gastrină, și, ca urmare, scade secreția de HCl, pH-ul va începe din nou să crească și așa mai departe. Așadar se observă că reglarea secreției acide a stomacului se face printr-un mecanism de feed-back negativ.

În afară de gastrină, sînt și alte substanțe cu acțiune excitatoare sau inhibitoare a secreției gastrice. Histamina, alcoolul și insulina excită secreția în timp ce nicotina, atropina și mineralocorticoizii o inhibă. Mucoasa duodenală produce un hormon inhibitor al secreției și motilității gastrice numit *enterogastron*.

Fazele secreției gastrice. Stomacul secretă în timpul meselor (secreție de ocazie) și nu secretă sau secretă foarte puțin între mese (secreție de fond).

Secreția de ocazie se desfășoară în trei faze ce se suprapun parțial:

1. *Faza cefalică* are loc prin mecanisme nervoase pure (necondiționate și condiționate). Secreția condiționată se declanșează numai la gîndul sau văzul alimentelor, sau la stimuli ce prevestesc masa. Aceasta este o secreție de așteptare sau „de apetit", stomacul fiind pregătit să primească alimentele. Faza cefalică a secreției gastrice a fost demonstrată de Pavlov prin „prînzul fictiv". Secreția necondiționată este declanșată la contactul alimentelor cu receptorii cavității bucale, de unde pleacă stimuli spre

centrul gastrosecretor. Secționarea bilaterală a nervilor vagi suprimă această fază.

2. *Faza gastrică* are loc atît prin mecanisme nervoase cît și umorale; este declanșată de prezența alimentelor în stomac. În această fază participă vagul și gastrina, ambii cu efect excitator.

3. *Faza intestinală* constă în acțiunea inhibitorie produsă de enterogastron asupra secreției gastrice, precum și în efectele stimulatorii produse de gastrina duodenală. Mecanismul predominant al acestei faze este cel umoral. Vagul intervine excitator și în faza intestinală.

Mecanismele neuroumorale ce reglează secreția stomacului asigură o adaptare permanentă a cantității și compoziției sucului gastric în funcție de felul alimentelor ingerate.

Centrii bulbari gastrosecretori sînt subordonați influențelor nervoase sosite de la centrii superiori din hipotalamus, rinencefal și neocortex. În felul acesta funcția secretorie a stomacului este integrată în activitatea organismului.

ACTIVITATEA MOTORIE A STOMACULUI (MOTILITATEA GASTRICĂ) se datorește musculaturii netede din cele trei straturi ale sale. Stomacul prezintă două feluri de mișcări: tonice și peristaltice. Aceste mișcări asigură umplerea, amestecul alimentelor cu sucul gastric și evacuarea stomacului.

MECANISMUL DE UMPLERE A STOMACULUI se realizează prin *mișcările tonice*. Stomacul gol este o cavitate virtuală, cu pereții alipiți. Pe măsură ce alimentele pătrund în stomac, tonusul pereților acestuia se reduce, permițînd umplerea fără creșterea presiunii intragastrice (tonus postural). Alimentele se dispun în straturi concentrice, de la periferie spre centru. Această particularitate de umplere permite ca digestia amidonului sub acțiunea amilazei salivare să continue o vreme și în stomac, în centrul masei de alimente, pînă ce sucul acid, inhibă amilaza.

AMESTECUL ALIMENTELOR cu sucul gastric se realizează prin acțiunea *mișcărilor peristaltice*. Acestea sînt mișcări propagate de la cardia spre pilor. Stomacul prezintă trei tipuri de mișcări peristaltice:

— mișcări peristaltice „de foame“, ce se produc pe stomacul gol și contribuie la realizarea senzației de foame;

— mișcări peristaltice de amestecare;

— mișcări peristaltice de evacuare.

MECANISMUL EVACUĂRII STOMACULUI. Alimentele rămîn în stomac un timp variabil (2—4 ore), în funcție de natura alimentelor (grăsimile întîrzie golirea) și de proprietățile lor fizice, chimice etc. (exemplu, alimentele prea reci sau prea fierbinți întîrzie în stomac, lichidele se evacuează mai repede decît alimentele solide etc.).

Evacuarea stomacului se realizează prin motilitatea coordonată a pereților gastrici și a sfincterului piloric. Mișcările gastrice de evacuare sînt mișcări peristaltice puternice; ele sînt concomitente cu mișcările tonice, care duc la creșterea presiunii în stomac și astfel rezistența opusă de sfincterul piloric este învinsă și o cantitate de alimente este expulzată ritmic în duoden. Se presupune că există și un mecanism chimic al închiderii și deschiderii pilorului. pH-ul alcalin din duoden favorizează relaxarea pilorului și astfel pătrunde conținutul gastric acid care închide sfincterul. După neutralizarea acidității de către sucul duodenal, sfincterul se relaxează din nou și așa mai departe.

Reglarea motilității gastrice se face conjugat prin aceleași mecanisme neuroumorale care reglează și secreția sa. Astfel, vagul are efecte excitatoare iar simpaticul, inhibitoare asupra musculaturii peretelui stomacal. Pe cale

umorală motilitatea este stimulată de acetilcolină, gastrină, insulină și inhibată de adrenalină, noradrenalină și enterogastron.

3. DIGESTIA INTESTINALĂ

Digestia intestinală reprezintă etapa finală în procesul unitar al digestiei alimentelor. Ea duce la definitivarea fragmentării principiilor alimentare pînă la formele lor absorbabile.

FUNCȚIA SECRETORIE de la nivelul intestinului subțire este îndeplinită de trei organe glandulare:

— pancreasul exocrin, care secretă sucul pancreatic;
— ficatul, care secretă bila;
— glandele intestinale Lieberkühn și Brünner, care secretă sucul enteric.

SUCUL PANCREATIC este secretat de acinii pancreatici în cantitate de 1,5 litri în 24 ore. Este o secreție cu un pH puternic alcalin (8,5) datorită bicarbonatului de Na. El se varsă în porțiunea a 2-a a duodenului, prin două canale (Wirsung și Santorini). Sub acțiunea sucului pancreatic chimul gastric acid este neutralizat și alcalinizat. Este un lichid incolor și inodor.

În compoziția sucului pancreatic intră: apă în proporție de 99% și reziduu uscat 1%. Reziduul uscat este compus din substanțe organice și anorganice. Cea mai importantă componentă organică a sucului pancreatic o reprezintă fermenții iar componentă minerală, bicarbonatul de Na.

Fermenții sucului pancreatic pot fi clasificați în funcție de natura alimentului digerat, în:

— fermenți proteolitici;
— fermenți lipolitici;
— fermenți glicolitici.

Fermenții proteolitici pancreatici sînt: tripsina, chimotripsina, ribonucleaza și desoxiribonucleaza, carboxipeptidaza și elastaza.

Tripsina este secretată sub formă inactivă de tripsinogen (proenzimă) și este activată la nivelul duodenului, sub acțiunea enterochinazei, enzimă secretată de mucoasa duodenală (fig. 111) Apariția primelor urme de tripsină determină apoi autocatalitic accelerarea procesului de activare a tripsinogenului. Acțiunea digestivă a tripsinei constă în hidroliza, în continuare, a peptonelor pînă la stadiul de polipeptide și oligopeptide (di și tripeptide).

Chimotripsina, secretată și ea sub formă de chimotripsinogen inactiv, este activată de către tripsină. Acțiunea digestivă a acestei proteaze este asemănătoare tripsinei. În plus, chimotripsina determină coagularea laptelui. Tripsina și chimotripsina pot descompune și proteine nedigerate în stomac.

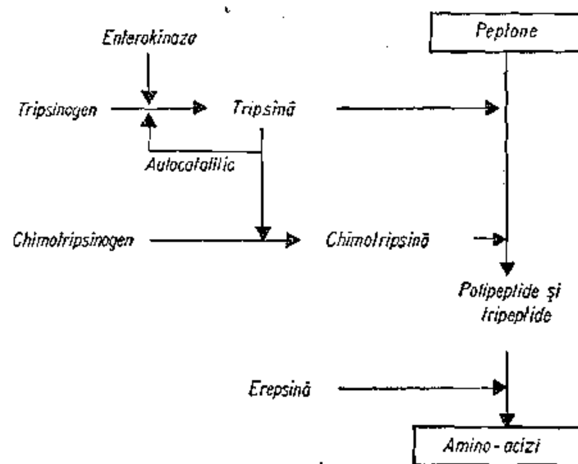


Fig. 111. Digestia intestinală a proteinelor.

Ribonucleaza și dezoxiribonucleaza din sucul pancreatic produc scindarea acizilor nucleici în nucleotizii componenți.

Carboxipeptidazele, activate de tripsină, fragmentează oligopeptidele pînă la aminoacizi, iar elastaza activată tot de tripsină, hidrolizează proteinele fibrilare.

Fermenții lipolitici sînt reprezentați de *lipaza* pancreatică, cel mai puternic ferment lipolitic al tubului digestiv. Ea hidrolizează toate grăsimile, emulsionate sau nu, scindîndu-le în acizi grași și glicerină. Activitatea ei este potențată de sărurile biliare.

Fermentul glicolitic al sucului pancreatic este *amilaza pancreatică.* Aceasta are o putere hidrolitică mult mai mare ca cea salivară încît poate descompune pînă la maltoză toate formele culinare de amidon (crud, copt sau fiert).

Reglarea secreției pancreatice se face prin mecanisme neuroumorale.

Mecanismul nervos este realizat de *centrul pancreatico-secretor* bulbar care, pe calea nervilor vagi, stimulează secreția de suc pancreatic bogat în fermenți. Ca și în cazul stomacului, centrii pancreatico-secretori pot fi puși în activitate atît prin reflexe necondiționate cît și condiționate.

Mecanismul umoral este predominant și se realizează prin intermediul a doi hormoni secretați de mucoasa duodenală: *secretina,* care determină secreția unui suc bogat în apă și săruri minerale și *pancreozimina* care stimulează secreția unui suc bogat în fermenți. Secreția acestor hormoni este stimulată prin contactul mucoasei cu chimul gastric acid și cu produșii intermediari de degradare ai proteinelor.

SECREȚIA BILIARĂ (BILA) reprezintă produsul activității exocrine a ficatului. În 24 de ore ficatul produce aproximativ 800 ml bilă.

Bila se formează continuu la nivelul capilarelor biliare fără pereți proprii, ce se termină în deget de mănușă printre hepatocite. De aici ea se scurge prin căile biliare intra- și extra-hepatice spre vezicula biliară unde se acumulează. În vezicula biliară are loc concentrarea bilei (prin resorbția apei) și îmbogățirea ei cu mucus. Evacuarea în duoden are loc intermitent în timpul meselor.

Compoziția bilei diferă după proveniența sa. Bila secretată de ficat *(bila hepatică)* conține 97% apă și 3% reziduu uscat; nu conține mucus. Bila din vezica biliară este mult mai concentrată, are 85% apă și 15% rezidiu uscat și conține mucus. În reziduul uscat se întîlnesc atît componentele organice cît și anorganice.

Componentele organice cele mai însemnate ale bilei sînt: mucusul, sărurile biliare, pigmenții biliari, colesterolul și fosfolipidele. Bila nu conține fermenți.

Mucusul este secretat de celulele mucoasei veziculare.

Sărurile biliare sînt săruri de Na ale acizilor glicocolic și taurocolic. Aceștia provin din conjugarea, la nivelul hepatocitului, a acizilor biliari cu glicocolul și taurina. Din combinarea acestora cu Na rezultă glicocolatul și taurocolatul de Na.

Rolul sărurilor biliare este important pentru digestia și absorbția lipidelor. Deși bila nu conține fermenți digestivi, prin prezența sărurilor biliare ea capătă o funcție digestivă. Sărurile biliare sînt substanțe tensioactive, ele scad tensiunea superficială a picăturilor de grăsime și favorizează astfel emulsionarea lor. Potențînd totodată lipaza pancreatică, sărurile biliare ajută la digestia lipidelor. La nivelul intestinului subțire, sărurile biliare formează cu acizii grași insolubili în apă, complexe coleinice și micelii hidrosolubile, care pot traversa ușor membrana celulelor intestinale. Este favorizată astfel absorbția lipidelor și a vitaminelor liposolubile. Complexele coleinice, ajunse în enterocit, sînt desfăcute în acidul gras ce va fi convertit în trigliceride și sarea biliară care

trece în sîngele port şi se reîntoarce la ficat, de unde este din nou excretată. Acesta este circuitul hepato-entero-hepatic, de economisire a sărurilor biliare pentru a căror sinteză se cheltuieşte energie. Sărurile biliare au şi rolul de a stimula peristaltismul intestinal, de a stimula secreţia biliară a ficatului (funcţie coleretică) şi de a preveni putrefacţia proteinelor în intestinul gros (rol antiputrid). Sărurile biliare solubilizează colesterolul şi împiedică, împreună cu fosfolipidele, apariţia de calculi biliari.

Pigmenţii biliari sînt produşi de eliminare ai catabolismului hemoglobinei; nu au rol fiziologic. Ei dau culoarea caracteristică a materiilor fecale. În intestin se întîlnesc următorii pigmenţi: bilirubina, şi biliverdina. O mică parte din pigmenţii biliari circulă în sînge şi se elimină prin urină (urobilinogen). În cazul unor obstacole în eliminarea bilei sau în boli de ficat, concentraţia plasmatică a pigmenţilor biliari creşte şi aceştia colorează intens urina şi ţesuturile dînd icterul.

Reglarea secreţiei şi excreţiei biliare

Funcţia de secreţie a bilei se numeşte colereză iar factorii care o stimulează se numesc factori coleretici. Funcţia de excreţie a bilei din vezicula biliară reprezintă funcţia colagogă; ea este stimulată de substanţele colagoge. Reglarea acestor două procese se face conjugat, prin mecanisme neuroumorale.

Mecanismul nervos este asigurat de centrul biliosecretor din bulb care, prin intermediul vagului, excită colereza şi funcţia colagogă a veziculei biliare. Există şi un mecanism nervos local de evacuare a bilei. În perioadele dintre mese sfincterul Oddi este închis şi toată cantitatea de bilă secretată de ficat se acumulează în vezicula biliară. Forţa sfincterului Oddi este de 30 cm apă. În momentul pătrunderii alimentelor în duoden, are loc, prin reflexe locale şi generale, relaxarea sfincterului Oddi şi contracţia peretelui vezicii cu eliminarea bilei.

Sistemul nervos simpatic are efecte opuse, determinînd relaxarea vezicii şi contracţia sfincterului Oddi.

Mecanismul umoral constă în acţiunea unor substanţe asupra secreţiei şi excreţiei biliare. Efecte coleretice au sărurile biliare şi hormonii duodenali, *hepatocrinina* şi *secretina*. Secreţia acestor hormoni este stimulată de alimentele grase (smîntîna, gălbenuşul de ou, untdelemnul). Efecte colagoge are hormonul duodenal *colecistochinină-pancreozimină*, precum şi substanţele lipidice amintite. Sulfatul de magneziu este, de asemenea, colagog. Alimentele dulci inhibă excreţia bilei.

SUCUL INTESTINAL (SUCUL ENTERIC)

Este produsul de secreţie al glandelor intestinului subţire. În mucoasa duodenală se află *glandele Brunner* ce pătrund pînă în submucoasă. Acestea secretă mucus şi puţini fermenţi proteolitici. Mucoasa jejunoileonului are o structură adaptată atît la funcţia secretorie cît şi de absorbţie. Suprafaţa mucoasei intestinului subţire nu este netedă. Ea prezintă numeroase proeminenţe filiforme, lungi de 1—2 mm, numite vilozităţi intestinale. Acestea sînt înconjurate de înfundări cilindrice, care pătrund în profunzimea mucoasei şi formează criptele sau *glandele lui Lieberkühn*, care secretă sucul enteric, excretat la baza vilozităţilor intestinale. Celulele care intră în structura mucoasei au forme diferite, după funcţia pe care o îndeplinesc. Deosebim *celule cu microvili*, specializate pentru absorbţie, *celule caliciforme*, secretoare de mucus,

celule argentafine, secretoare de serotonină și *celule Paneth* care secretă fermenții sucului intestinal.

Compoziția sucului intestinal este similară cu a altor secreții digestive cu deosebirea că aici întîlnim, în plus, celule descuamate, ceea ce dă aspectul tulbure al lichidului intestinal. Regăsim apă și reziduu uscat. Principalii componenți organici ai reziduului sînt fermenții, mucusul intestinal și celulele mucoasei iar componenta anorganică a sucului enteric este bicarbonatul de Na care determină pH-ul alcalin (7,5—8,5), cu efect neutralizant asupra chimului gastric.

Fermenții sînt reprezentați de cele trei categorii de enzime hidrolitice: fermenți proteolitici, fermenți lipolitici și fermenți glicolitici. Ei sînt cantonați mai ales la nivelul marginii în perie de la polul apical al enterocitului.

Fermenții proteolitici ai sucului enteric sînt un amestec de polipeptidaze, tripeptidaze, dipeptidaze, nucleotidaze și nucleozidaze, cunoscute sub denumirea de e r e p s i n ă.

P o l i p e p t i d a z e l e scindează polipeptidele în aminoacizi, tri- și dipeptide. Ele pot începe hidroliza proteică fie dinspre capătul carboxilic al lanțului de aminoacizi (carboxipolipeptidaze), fie de la cel aminic (aminopolipeptidaze). T r i p e p t i d a z e l e și d i p e p t i d a z e l e scindează tripeptidele, respectiv dipeptidele, în aminoacizi.

N u c l e o t i d a z e l e desfac nucleotizii în nucleozizi iar n u c l e o z i d a z e l e desfac nucleozizii în baze purinice sau pirimidinice și pentoze.

În felul acesta este definitivată digestia proteinelor și a nucleoproteinelor, începută la nivelul stomacului. Produșii finali ai digestiei proteice sînt aminoacizii, substanțe hidrosolubile, fără specificitate biologică, ce se absorb la nivelul vilozităților intestinale.

Fermenții lipolitici sînt reprezentați de lipaza intestinală și lecitinaza. Lipaza desface grăsimile în acizi grași și glicerină iar lecitinaza hidrolizează lecitina (un fosfolipid).

Fermenții glicolitici intestinali sînt dizaharidaze. Ele scindează dizaharidele în monozaharide. Astfel, *maltaza* intestinală desface maltoza în două molecule de glucoză, *lactaza* separă lactoza într-o moleculă de glucoză și una de galactoză iar *zaharaza* hidrolizează zaharoza într-o moleculă de glucoză și una de fructoză. Sucul intestinal conține și o amilază, dar cu acțiune mai slabă ca cea pancreatică.

Digestia polizaharidelor, începută în cavitatea bucală, este încheiată. Monozaharidele (glucoză, fructoză și galactoză) sînt apoi absorbite. În urma digestiei și absorbției intestinale chimul gastric este transformat într-o soluție apoasă numit *chil intestinal*.

În afara enzimelor digestive, mucoasa intestinului subțire, în special prima ei porțiune, secretă o serie de hormoni reglatori ai diferitelor secreții (secretina, enterogastronul, pancreozimina, hepatocrinina, enterocrinina) sau hormonii stimulatori ai musculaturii netede intestinale și a căilor biliare (motilina, vilichinina și colecistochinina), precum și enzime activatoare a unor profermenți digestivi (enterochinaza).

Reglarea secreției intestinale se face, în primul rînd pe cale *umorală*. Mucoasa duodenală secretă un hormon stimulator al secreției, numit *enterocrinină*. Secreția glandelor Brünner este stimulată de o *duocrinină*. Gastrina și secretina stimulează secreția glandelor Lieberkühn.

Pe cale nervoasă secreția intestinală este stimulată prin reflexe locale de la nivelul plexurilor nervoase intrinseci. Excitantul care declanșează aceste reflexe îl reprezintă distensia mecanică a ansei intestinale produsă prin pătrunderea alimentelor. Sistemul nervos extrinsec are slabă influență. Parasimpaticul este stimulator iar simpaticul, inhibitor.

ACTIVITATEA MOTORIE A INTESTINULUI SUBȚIRE. Intestinul subțire prezintă trei tipuri de mișcări.

— MIȘCĂRI PERISTALTICE. Sînt asemănătoare celor esofagiene și gastrice. Constau din unde de contracție a musculaturii circulare, precedate de unde de relaxare, care încep la pilor și se deplasează cu viteze variabile spre valvula ileocecală. Se descriu unde *peristaltice lente,* ce se deplasează cu viteza de 1 cm pe minut și unde *peristaltice rapide* ce au o viteză de 300—600 cm/minut. Prin mișcările peristaltice are loc transportul chimului gastric de-a lungul intestinului subțire.

MIȘCĂRILE DE SEGMENTARE sînt contracții staționare ale musculaturii circulare a intestinului subțire, care fragmentează la un moment dat conținutul intestinal. Sediul contracțiilor se schimbă alternativ. Ele se produc mereu în mijlocul intervalului dintre două contracții anterioare. Mișcările de segmentare determină o amestecare mai bună a conținutului intestinal. De asemenea, are loc o creștere a presiunii din interiorul ansei, fapt ce favorizează absorbția intestinală.

MIȘCĂRILE PENDULARE sînt contracții rapide ale musculaturii circulare ce se produc la nivelul unei jumătăți de ansă, determinînd deplasarea conținutului în jumătatea următoare. Aceste mișcări contribuie la amestecul și progresia alimentelor. Motilitatea intestinului subțire este mai exprimată la nivelul duodenului și se reduce treptat spre ileon. Ea este precedată de o activitate electrică ritmică ce se deplasează de la duoden spre ileon.

Reglarea motilității intestinului subțire se face prin mecanisme nervoase și umorale. Mecanismul nervos este asigurat prin plexurile nervoase intramurale (intrinseci) și mai puțin prin cele extrinseci. Vagul excită iar simpaticul inhibă peristaltismul intestinal. La nivelul sfincterelor, acțiunea celor două sisteme vegetative este inversă, simpaticul le contractă iar parasimpaticul le relaxează. Valvula ileocecală se închide și se deschide ritmic în raport cu orarul meselor, împiedicînd refluxul coloileal.

Pe cale umorală, în afară de mediatorii chimici simpatic și parasimpatic, serotonina și o serie de oligopeptide (bradichinina etc.) intervin în stimularea activității motorii a tubului digestiv, în ansamblu. Motilina, un hormon digestiv, activează peristaltismul. Același efect au și sărurile biliare.

Absorbția intestinală

Intestinul subțire are, în afara funcției de digestie, și pe cea de absorbție a principiilor alimentare. Absorbția este un proces fiziologic complex, ce are la bază mecanismul fizic și chimic, prin care produșii de digestie a alimentelor, apa, sărurile minerale și vitaminele, traversează mucoasa intestinală și ajung în mediul intern al organismului. 90% din absorbție are loc în intestinul subțire.

Datorită structurii particulare a mucoasei jejunoileonului (epiteliul unistratificat, prezența plicilor circulare și a vilozităților intestinale) suprafața totală de absorbție este de 50 m^2. Adaptări funcționale importante constau și în irigația sangvină și limfatică foarte bogate de la nivelul vilozităților.

Existența microvilozităților la polul intestinal al celulelor absorbante, mărește enorm suprafața reală de absorbție la peste 5 000 m^2.

Procese reduse de absorbție au loc și la nivelul cavității bucale și gastrice (alcoolul, unele medicamente), precum și la nivelul intestinului gros (apă, săruri minerale, vitamina K etc.).

MECANISMELE ABSORBȚIEI sînt active și pasive.

Mecanismele active, denumite și transport activ, au loc cu consum de energie. Absorbția activă e *selectivă*, adică alege anumite substanțe pe care le traversează spre sînge și neglijează pe altele. Transportul activ se face împotriva diferențelor *(gradientului)* de concentrație a substanței respective din sînge și intestin. Spre exemplu, glucoza este absorbită din intestin în sînge, chiar atunci cînd concentrația ei în sînge este 1,2 g‰ iar în chilul intestinal este numai 0,5 g‰. Mecanismele care asigură transportul activ sînt imaginate ca niște „pompe" chimice. Există astfel pompă de glucoză, pompă de aminoacizi, pompă de Na etc.

Mecanismele pasive, constau în *difuziunea* liberă a unei substanțe din zona cu concentrația mai mare în zona cu concentrație mai mică (deplasare în gradient). Atunci cînd cele două zone sînt separate de o membrană semipermeabilă (mucoasa intestinală în cazul de față), în afara difuziunii apare fenomenul de *osmoză*. Osmoza este procesul de deplasare a apei printr-o membrană semipermeabilă, din compartimentul cu presiune osmotică mică (unde concentrația particulelor dizolvate este mică) spre compartimentul cu presiune osmotică mare. În felul acesta, deplasarea apei tinde să egaleze presiunile osmotice de o parte și de alta a membranei. Lucrurile se întîmplă ca și cum apa este atrasă spre teritoriul cu presiune osmotică mai mare.

Difuziunea în gradient și osmoza caracterizează transportul pasiv prin membrane. Transportul pasiv mai este favorizat de *presiunea hidrostatică* crescută din interiorul ansei, precum și de *mișcările vilozităților intestinale*. Atracția electrică reprezintă, de asemenea, un mecanism pasiv de absorbție. Înglobarea unor picături de lichid și transportul lor spre mediul intern (pinocitoză) reprezintă o altă modalitate de transport.

Absorbția glucidelor se face sub formă de monozaharide, preponderent la nivelul jejunului. Mecanismele de absorbție sînt active pentru hexoze cît și pasive pentru pentoze. În procesul absorbției active a glucozei poate avea loc, inițial, fosforilarea acesteia cu formarea esterului glucozo-6-fosfat. Se consumă energie de la ATP. Ajuns la polul sangvin al celulei, esterul glucozo-fosforic este scindat de o fosfatază în glucoză, care trece în sînge, iar radicalul fosforic va fi din nou înglobat într-o altă moleculă de ATP. Sinteza ATP are loc chiar în interiorul celulei, pe seama oxidării unui procent mic din glucoza absorbită.

Fosforilarea intestinală a glucozei este activată de glucocorticoizi. Fosforilarea nu este un mecanism obligatoriu. Glucoza mai poate fi absorbită activ și cu ajutorul unor „cărăuși" care asigură transportul comun de glucoză și Na. Aceștia sînt sisteme enzimatice care transportă glucoza din intestin în sînge. Mecanismele absorbției intestinale și rezorbție tubulare renale a glucozei sînt similare.

Absorbția lipidelor are loc, de asemenea, în prima porțiune a intestinului subțire. Lipidele se absorb sub trei forme:

— picături fine de grăsimi nedigerate. Acestea sînt „înghițite" de către celulele cu microvili prin *pinocitoză;*

— glicerină, care fiind hidrosolubilă difuzează pasiv prin mucoasă;

— complexe coleinice și micelii pe care acizii grași și colesterolul le formează cu sărurile biliare.

Mecanismele absorbției lipidelor sînt active și pasive. O parte din lipide sînt absorbite după o fosforilare prealabilă. În enterocit, are loc resinteza grăsimii neutre din acidul gras eliberat din complexul coleinic și afla-glicerofosfat. Sărurile biliare se vor reîntoarce la ficat (circuitul hepato-entero-hepatic) iar lipidele vor lua două căi:

1. Picăturile pinocitate și 60% din grăsimile neutre pătrund în chiliferul central al vilozității și circulă prin vasele limfatice sub formă de chilomicroni (particule fine

de lipide); ele ajung în sîngele venos al celor două vene subclaviculare.

2. Acizii grași cu lanț mai scurt de 12 atomi de C iau calea venei porte. Ei nu formează chilomicroni.

Absorbția proteinelor. Mucoasa intestinală a copilului mic poate fi traversată de proteinele și anticorpii din lapte. La adult, proteinele se absorb numai sub formă de aminoacizi, în prima porțiune a intestinului subțire. Mecanismele de absorbție sînt active și selective. Aminoacizii cu configurație L cum sînt majoritatea aminoacizilor naturali, sînt preferați celor cu configurație D. Absorbția este activă la polul apical al enterocitului. La polul bazal aminoacizii difuzează pasiv în sînge.

Cînd concentrația aminoacizilor din intestin este mai mare ca în sînge, ei se pot absorbi și prin mecanism pasiv.

Proporția diferiților aminoacizi din chilul intestinal se menține relativ constantă pe lîngă aporturi variabile proteice exogene. Cantitatea totală de aminoacizi din intestin formează fondul intestinal al aminoacizilor. El este realizat și se menține atît pe seama aportului proteic exogen cît și a proteinelor secretate de glandele digestive și a celor rezultate din digestia celulelor intestinale descuamate. După absorbție, aminoacizii trec în sîngele venei porte.

Absorbția apei și sărurilor minerale are loc atît la nivelul intestinului subțire cît și al intestinului gros. Mecanismele de absorbție sînt diferite, în funcție de substanța absorbită.

Sodiul (Na^+) se absoarbe prin mecanism activ, denumit pompa de Na^+. În urma pompării sodiului din intestin în mediul intern se creiază un gradient electrochimic, cu exces de sarcini pozitive la polul sangvin al celulei.

Clorul (Cl^-) se deplasează pasiv în gradientul electrochimic creat prin absorbția Na^+.

Apa se absoarbe pasiv, în funcție de diferența de presiune osmotică dintre sînge și conținutul intestinal.

În prima porțiune a intestinului subțire, concentrația substanțelor osmotice active crește mult, fapt ce atrage o cantitate de apă din sînge spre intestin. Pe măsura absorbției substanțelor, presiunea osmotică din intestin scade, iar apa se va deplasa spre sînge. Absorbția maximă de apă și sare are loc în colon.

Calciul și fosforul se absorb prin mecanism activ, sub influența parathormonului și a vitaminelor D.

Fe se absoarbe prin mecanism activ sub formă de ion bivalent. Reducerea Fe de la forma trivalentă la cea bivalentă are loc în stomac, sub influența HCl. Mecanismul de absorbție al Fe este activ, cu cărăuși. În mucoasa intestinală se află o proteină numită a p o f e r i t i n a, care fixează Fe devenind f e r i t i n ă, și-l transportă de la polul apical spre cel bazal al enterocitului. Aici, Fe este eliberat în sînge iar apoferitina devine liberă pentru un nou transport de Fe. În sînge, Fe circulă legat de o globulină transportoare numită t r a n s f e r i n ă.

Vitaminele se absorb prin mai multe modalități. Majoritatea celor hidrosolubile traversează pasiv din intestin în sînge. Un mecanism particular de absorbție se întîlnește în cazul *vitaminei* B_{12}. Aceasta nu se poate absorbi decît combinată cu un factor intrinsec (al lui Castle), secretat de mucoasa gastrică. În lipsa secreției acestui factor, apare o anemie gravă ce nu poate fi tratată decît prin administrarea vitaminei B_{12} în injecții.

Vitaminele liposolubile se absorb sub formă de complexe coleinice, iau calea sangvină și ajung în ficat.

Fiziologia intestinului gros

La nivelul acestui segment întîlnim o activitate secretorie, o activitate motorie și un proces de absorbție. Sub influența acestora chilul intestinal, lichid, este transfor-

mat într-o materie solidă, de consistență moale, numită fecale sau scaun. În plus, la nivelul colonului se desfășoară două procese chimice, datorate activității florei microbiene locale: procese de fermentație și de putrefacție.

ACTIVITATEA SECRETORIE a intestinului gros se rezumă la secreția de mucus. Întrucît în intestinul gros nu sînt secretați fermenți digestivi, nu putem vorbi de o digestie a alimentelor la acest nivel.

Mucusul are mai mult rol mecanic, ajută la formarea și progresia bolului fecal.

ABSORBȚIA la nivelul intestinului gros are loc pentru apă și sărurile minerale. Glucoza și unele medicamente se pot absorbi la acest nivel. De asemenea, se absorb vitaminele grupului B, vitamina K și produșii de fermentație sau putrefacție (indol, crezol, amoniac).

PROCESUL DE FERMENTAȚIE. La nivelul cecului, a colonului ascendent și primei porțiuni a colonului transvers, se află o floră microbiană nepatogenă, aerobă, formată din bacilul coli și bacili lactici care acționează asupra substanțelor nedigerate sau neabsorbite la nivelul intestinului subțire. Sînt transformate în special glucidele nedigerabile (celuloza) și scindate la glucoză iar aceasta este descompusă în continuare pînă la acid lactic. Importanța *florei de fermentație* pentru carnivore și om constă în sinteza unor vitamine (vitamina K_2, vitamina B_{12}, acid folic etc.), realizată de acești bacili. În lipsa florei de fermentație, apar boli carențiale și de aceia prezența ei este obligatorie pentru om.

PROCESUL DE PUTREFACȚIE are loc în a 2-a porțiune a intestinului gros și se datorește prezenței, la acest nivel, a unei flore microbiene anaerobe (care trăiește în lipsa O_2). Acești microbi atacă proteinele nedigerate și aminoacizii neabsorbiți, determinînd reacții de decarboxilare și dezaminare a acestora. În urma dezaminării rezultă NH_3, substanță toxică ce se absoarbe în sînge și ajunge la ficat unde este neutralizat sub formă de uree.

Prin decarboxilări rezultă CO_2 și o serie de amine ca putresceina și cadaverina. Din decarboxilarea aminoacizilor aromatici rezultă substanțe toxice, mirositoare ca indolul, scatolul, crezolii ce dau materiilor fecale mirosul caracteristic. Din descompunerea unor aminoacizi sulfurați se degajă hidrogenul sulfurat (H_2S). Volumul de gaze toxice și mirositoare din intestinul gros este de 1 litru. Produșii toxici rezultați din putrefacția proteinelor se absorb în sînge și ajung la ficat unde sînt neutralizați. În bolile de ficat, funcția antitoxică a acestuia nu se mai realizează integral și substanțele toxice ajung mai departe în circulația generală, producînd suferința centrilor nervoși.

Transformările suferite de alimente în intestinul gros. Materiile fecale

În urma proceselor amintite, chilul intestinal lichid, este treptat transformat în materii fecale. 90% din masa fecală conține resturi alimentare iar 10% este formată din mucus, epitelii descuamate, leucocite și corpurile bacteriilor de fermentație și putrefacție. Din 1 000 ml chil intestinal, se formează zilnic 150 g materii fecale. Bolul fecal, învelit în mucus, este propulsat spre colonul sigmoid unde se depozitează.

ACTIVITATEA MOTORIE a intestinului gros este reprezentată de două feluri de mișcări:

— mișcări segmentare, la nivelul haustrelor. Acestea, similare celor de la nivelul intestinului subțire, au rol în absorbția apei;

— mișcări peristaltice, de deplasare a conținutului intestinului gros dinspre cec spre rect. Aceste mișcări pot avea, la intervale de 6—8 ore, un caracter mai amplu,

ele deplasînd mase mari de materii conținute în colon. Se numește peristaltism de masă și inițiază, de obicei, actul defecației.

Reglarea motilității intestinului gros se face prin mecanisme nervoase și umorale. Mecanismele nervoase au ca substrat principal plexurile intrinseci. Controlul nervos extrinsec se exercită în sens excitator prin vag pentru prima jumătate a intestinului gros și prin nervul pelvic pentru ultima. Simpaticul are efect inhibitor. Reflexele peristaltice pot fi declanșate atît de contactul chilului intestinal cu mucoasa intestinului gros, cît și mai înainte de aceasta, la pătrunderea alimentelor în stomac și duoden.

Defecația. Actul motor prin care materiile fecale sînt eliminate în mediul exterior se numește defecație. El este un act reflex, ce poate fi controlat voluntar. *Centrii defecației* sînt în măduva sacrată. Ei sînt stimulați în momentul contactului materiilor fecale cu mucoasa rectală care produce destinderea pereților acestuia. Materiile fecale pătrund în rect intermitent, cu ocazia unor unde peristaltice de masă. Mecanoreceptorii de la acest nivel trimit stimuli atît la centrul defecației cît și la scoarța cerebrală, înștiințîndu-ne despre necesitatea defecării. La nivelul centrilor medulari ia naștere comanda de evacuare a conținutului rectal. Această comandă se transmite prin fibrele parasimpatice ale nervului pelvic, determinînd relaxarea sfincterului neted anal și contracția mușchilor rectului. Dacă defecația poate avea loc, scoarța comandă, pe calea nervilor rușinoși externi, relaxarea sfincterului anal extern (striat) și materiile fecale sînt evacuate. În caz contrar, are loc contracția voluntară a sfincterului striat anal, iar materiile fecale sînt reținute în rect și apoi se întorc în colonul sigmoid, fapt ce duce la dispariția pentru un timp a senzației de necesitate. La actul defecației participă și alte grupe musculare, între care rolul cel mai însemnat îl joacă mușchii presei abdominale. Scoarța cerebrală influențează nu numai defecația ci întreaga activitate motorie a tubului digestiv. Se cunosc modificările de tranzit intestinal (diaree) produse în cazul unor emoții puternice. De asemenea, animalele pot fi dresate să se abțină zile în șir de la defecație sau să facă acest act în locuri anume destinate (reflexe condiționate).

FUNCȚIILE FICATULUI. Ca glandă anexă a tubului digestiv, ficatul îndeplinește numeroase funcții. Rolul său este vital. După extirparea ficatului animalul de experiență nu supraviețuiește mai mult de cîteva ore.

Funcțiile ficatului se grupează în trei categorii:

1. Funcția externă sau funcția biliară a ficatului.
2. Funcția internă sau funcțiile endocrino-metabolice ale ficatului.
3. Alte funcții ale ficatului.

FUNCȚIA BILIARĂ a ficatului constă în secreția și excreția bilei (vezi digestia intestinală).

FUNCȚIILE METABOLICE ale ficatului sînt următoarele:

a. *În metabolismul proteinelor,* ficatul intervine prin procesul de sinteză al proteinelor plasmatice, prin funcția de ureogeneză, prin transformarea aminoacizilor în glicogen (gluconeogeneză) și prin sinteza de noi aminoacizi în urma reacției de transaminare.

b. *În metabolismul lipidelor,* ficatul intervine în procesul de cetogeneză, în sinteza fosfolipidelor și a colesterolului, în depozitarea de lipide și în catabolismul acizilor grași.

c. *În metabolismul glucidelor,* ficatul joacă rol prin procesul de glicogenogeneză și glicogenoliză care asigură constanța glicemiei. De asemenea, sintetizează glucide din precursori neglucidici (proteine, lipide), proces denumit gluconeogeneză. Ficatul descompune acidul lactic produs prin glicoliza anaerobă la nivelul mușchilor.

d. *În metabolismul vitaminelor,* ficatul intervine atît prin funcția de depozit de vitamine cît și în transformarea unor provitamine în vitamine (exemplu: carotenul este transformat în vitamina A).

e. *În metabolismul apei și electroliților,* ficatul intervine indirect. Prin funcția sa de rezervor de sînge, ficatul este organ efector în reglarea volumului sangvin.

Prin funcția de inactivare a hormonilor ficatul participă la reglările operate de hormonii respectivi, împiedicînd concentrarea lor în sînge.

f. *În metabolismul hemoglobinei,* ficatul intervine atît ca un depozit de Fe necesar sintezei Hem-ului cît și în sinteza pigmenților biliari din fragmentul tetrapirolic al Hb distruse.

g. *În metabolismul Fe,* ficatul intervine prin funcția de depozit. Fe transportat prin sînge sub formă de transferină și Fe rezultat din catabolismul Hb, sînt legate la nivelul ficatului de o proteină — feritină hepatică.

h. *În metabolismul hormonilor,* ficatul intervine prin inactivarea acestora, prevenind acumularea lor peste limitele fiziologice.

i. *Funcția antitoxică a ficatului.* În ficat sînt neutralizate sau distruse o serie de substanțe toxice, majoritatea provenite din procesele de putrefacție de la nivelul colonului. Neutralizarea se face prin reacții de conjugare a toxicului cu sulf (sulfoconjugare), cu glicocolul (glicocoloconjugare) sau cu acidul glicuronic (glicuronoconjugare). Produșii conjugați, netoxici, se elimină apoi în bilă sau urină.

j. *Rol în reglarea echilibrului acido-bazic.* Ficatul intervine în neutralizarea și catabolizarea unor acizi (acid lactic, acid benzoic etc.).

ALTE FUNCȚII ALE FICATULUI sînt, în general, consecințe comune ale mai multor funcții metabolice. Dintre acestea menționăm:

— rolul hematopoetic al ficatului în perioada fetală;
— rolul ficatului în coagulare și hemostază;
— rolul ficatului în termoreglare;
— rolul ficatului în apărarea antiinfecțioasă;
— rolul ficatului în hemodinamică.

Reglarea funcțiilor ficatului se face prin mecanisme neuroendocrine și metabolice. Centrii de reglare sînt situați în hipotalamus și trunchiul cerebral.

XX. APARATUL RESPIRATOR (ANATOMIE)

Aparatul respirator cuprinde căile respiratorii și plămînii. Căile respiratorii sînt reprezentate de cavitatea nazală, faringe, laringe, trahee și bronhii.

Cavitatea nazală

Este primul segment al căilor respiratorii. Ea este despărțită de septul nazal în două cavități simetrice (fose nazale) cu direcție anterio-posterioară, sub baza craniului și deasupra cavității bucale. Comunică cu exteriorul prin nări și cu rinofaringele prin coane. Anterior, fosele nazale sînt protejate de piramida nazală.

Piramida nazală este o proeminență situată pe linia mediană a feței, cu rol de a proteja fosele nazale, avînd și rol estetic. Vîrful piramidei este situat sub osul frontal și se numește rădăcina nasului. Baza prezintă orificiile narinare. Cele două fețe laterale sînt unite anterior formînd dorsum nasi care se termină inferior prin lobulul nazal.

În structura piramidei nazale distingem un schelet osteocartilaginos format din oasele nazale și porțiunea fron-

tală a osului maxilar, cît și de cartilagiile laterale și cartilagiile alare. Pe acest schelet se prind mușchi pieloși care, prin acțiunea lor, măresc sau micșorează orificiile narinare. La exterior se află pielea.

Fosele nazale

Sînt două conducte situate înapoia piramidei nazale, de la orificiile narinare pînă la coane.

Distingem foselor nazale un segment anterior numit vestibul și un segment posterior — fosele nazale propriu-zise. Vestibulul nazal este oblic în sus și înapoi și este tapetat de piele care conține glande sebacee și foliculi piloși (primul filtru în calea aerului respirat).

Fosele nazale propriu-zise au patru pereți (vezi tabel).

La interior, fosele nazale sînt acoperite de mucoasa nazală care are o structură deosebită în partea superioară față de rest. În regiunea olfactorie a mucoasei, situată deasupra cornetului superior, sînt celule senzoriale și celule de susținere. Regiunea respiratorie a mucoasei este mult mai întinsă. Ea acoperă toți pereții cavității nazale, cu excepția celui superior unde se află mucoasa olfactivă. Este alcătuită dintr-un epiteliu cilindric, pseudostratificat, ciliat. Și mucoasa respiratorie are glande tubulo-acinoase.

În oasele vecine foselor nazale sînt sinusurile paranazale, cavități pneumatice, cu rol de cutie de rezonanță și de a menține o temperatură constantă. Mucoasa lor se continuă cu mucoasa foselor nazale. Sinusurile paranazale sînt perechi (frontale, maxilare, sfenoidale).

Pereții foselor nazale propriu-zise

Peretele superior	Peretele inferior	Peretele intern (septal)	Peretele lateral
— Este format din osul nazal, lama ciuruită a etmoidului și corpul sfenoidului. Prin lama ciuruită a etmoidului trec nervii olfactivi	Este alcătuită din apofizele palatine ale osului maxilar și lama orizontală a osului palatin, acoperite de o mucoasă	Septul nazal, cu 3 porțiuni: posterioară (osoasă), mijlocie (cartilaginoasă) și anterioară (membranoasă). Porțiunea osoasă e formată inferior de vomer și superior de lama perpendiculară a etmoidului. Porțiunea cartilaginoasă e reprezentată de cartilagiul septal. Porțiunea membranoasă a septului este mobilă și separă cele două orificii narinare	Este mai complex. În esență este alcătuit din osul maxilar, peste care dinapoi înainte sînt suprapuse osul palatin, masa laterală a etmoidului cu cornetele superior și mijlociu, și anterior osul lacrimal. Pe peretele lateral al cavității nazale se găsesc niște proeminențe — cornetele (superior, mijlociu și inferior). Cornetul inferior este os independent. Fiecare cornet cu peretele lateral delimitează niște adîncituri numite meaturi

În labirintul etmoidal sînt săpate semicelulele etmoidale care, împreună cu semicelulele din oasele vecine, formează celulele etmoidale. Există celule etmoidale posterioare care se deschid în meatul superior, și celule etmoidale anterioare, în meatul mijlociu.

Vascularizația foselor nazale este asigurată de ramuri din artera oftalmică (arterele etmoidale anterioare) și din artera maxilară (artera sfenopalatină). Venele ajung, în final, în vena jugulară internă.

Inervația mucoasei este asigurată de ramuri din nervul trigemen.

Limfaticele ajung în ganglionii retrofaringieni.

Faringele

(vezi aparatul digestiv)

Laringele

Este un organ cu dublă funcție: conduct aero-vector și organ al fonației.

Laringele are formă de piramidă triunghiulară trunchiată, cu baza în sus. Baza privește în sus și comunică cu laringofaringele printr-un orificiu numit aditus laringis care, anterior este delimitat de epiglotă, posterior de cartilagiile aritenoide iar lateral de repliurile epiglotico-aritenoidiene, întinse între epiglotă și cartilagiile aritenoide. În grosimea acestor plici se află cartilagiile cuneiforme. Vîrful laringelui se continuă în jos cu traheea.

Fețele anterolaterale ale laringelui sînt formate de cele două lame ale cartilagiului tiroid și de arcul cricoidului. Între cartilagiul tiroid și arcul cricoidului se află mușchiul și ligamentul tirocricoidian. Deasupra celor două lame ale cartilagiului tiroid se află membrana tirohioidiană care ajunge la osul hioid.

Fețele antero-laterale ale laringelui vin în raport cu glanda tiroidă și cu mușchii infrahioidieni.

Fața posterioară a laringelui proemină în faringe și este formată din cele două cartilagii aritenoidiene și din pecetea cartilagiului cricoid. De o parte și de alta sînt două șanțuri — șanțurile piriforme.

Marginea anterioară (mărul lui Adam) este reprezentată de muchia unde cele două lame laterale ale cartilagiului tiroid se unesc. Este mai proeminentă la bărbați. Vine în raport cu istmul glandei tiroide.

Marginile posterioare ale laringelui sînt reprezentate de marginile posterioare ale cartilagiului tiroid, și vin în raport cu artera carotidă comună, vagul și vena jugulară internă (fig. 112).

Structura laringelui. Laringele este format din cartilagii legate între ele prin ligamente și articulații. Asupra cartilagiilor acționează mușchii laringelui (striați). La interior este tapetat de o mucoasă, sub care se găsește o submucoasă.

Cartilagiile laringelui. Se disting: cartilagii neperechi (cartilagiul tiroid, epiglota și cartilagiul cricoid) și perechi (cartilagiile aritenoide, corniculate, cuneiforme și cartilagiile sesamoide). Toate cartilagiile sînt formate din cartilagiu de tip hialin, exceptînd epiglota care este formată din cartilagiu de tip elastic (vezi tabel):

Mușchii laringelui. Se împart în intrinseci și extrinseci. Cei extrinseci se inseră cu un capăt pe laringe iar cu celălalt pe organele vecine (sternotiroidian tirohioidian și constrictorul inferior al faringelui, care se inseră pe creasta oblică a cartilagiului tiroid). Mușchii intrinseci au ambele capete inserate pe cartilagii ale laringelui. Unii sînt constrictori ai glotei, apropiind plicile vocale (mușchiul

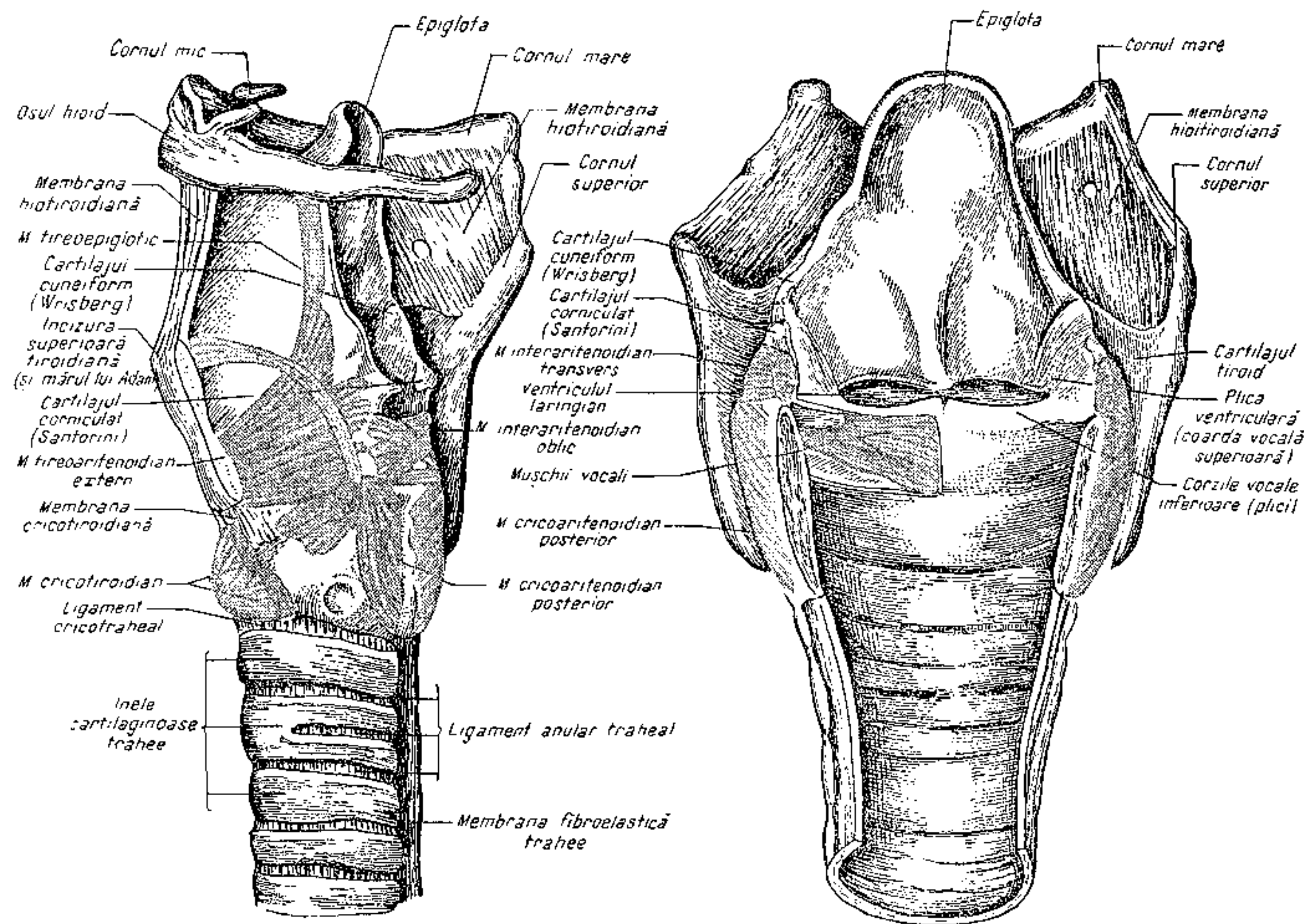


Fig. 112. Laringele (vedere laterală și secționat posterior).

Cartilagiile laringelui

	Formă	Situație	Descriere
1	2	3	4
1. Cartilagiul tiroid	de carte deschisă posterior, fiind format din două lame unite pe linia mediană la nivelul mărului lui Adam	În partea anterioară a laringelui, sub hioid, deasupra arcului cricoidului	— Fața anterioară a lamelor laterale prezintă o creastă pe care se inseră mușchii sternotiroidian și tirohioidian — Fața posterioară privește spre interiorul laringelui și e în raport cu epiglota — Pe marginea superioară se află incizura tiroidiană, lateral de care se prinde membrana tirohioidiană — Marginea inferioară privește spre arcul cricoidului și oferă inserție mușchiului și ligamentului tirocricoidian — Marginile posterioare se prelungesc în sus cu coarnele superioare și în jos cu coarnele inferioare, care se articulează cu cartilagiul cricoid (articulația tirocricoidiană)
2. Cartilagiul epiglotic	de frunză cu pețiolul în jos	Înapoia cartilagiului tiroid pe care îl depășește în sus	— De la baza epiglotei pleacă, spre rădăcina limbii, ligamentele glosoepiglotice care ridică plicile glosoepiglotice. Tot de la bază pleacă, spre hioid, ligamentul hioepiglotic — Vîrful epiglotei este legat de cartilagiul tiroid prin ligamentul tiroepiglotic
3. Cartilagiul cricoid	de inel cu pecetea (lama) așezată posterior	intercalat între tiroid și trahee	— Lama (pecetea) cartilagiului cricoid prezintă 2 suprafețe articulare superioare pentru baza aritenoidelor (articulația cricoaritenoidiană) și două suprafețe inferioare pentru coarnele inferioare ale cartilagiului tiroid (articulația tirocricoidiană) — Arcul cricoidului este situat anterior

1	2	3	4
4. Cartilagiile aritenoide	de piramidă triunghiulară, cu baza în jos	În partea posterioară a laringelui, deasupra lamei cartilagiului cricoid	Prezintă trei fețe: — fața laterală are o creastă numită arcuată — fața medială — privește spre interiorul laringelui — fața posterioară — participă la formarea feței posterioare a laringelui Baza cartilagiului aritenoid se articulează cu lama cartilagiului cricoid și prezintă două procese: unul muscular (posterior) pe care se prind mușchii cricoaritenoidieni (lateral și posterior) și unul anterior (vocal) pe care se prinde plica vocală
5. Cartilagiile corniculate		la vîrful cartilagiilor aritenoidiene	—
6. Cartilagiile cuneiforme		în plicile ariteno-epiglotice	—
7. Cartilagiile sesamoide		în plicile vocale	—

cricoaritenoidian lateral, mușchiul interaritenoidian), alții sînt dilatatori ai glotei — depărtînd plicile vocale (cricoaritenoidian posterior) iar alții sînt tensori ai plicilor vocale (mușchiul vocal, situat în plica vocală și mușchiul tirocricoidian care realizează mișcarea de balans înainte a cartilagiului tiroid).

Tunica mucoasă căptușește cavitatea laringelui și se continuă în sus cu mucoasa faringelui, iar în jos cu cea a traheei. Este formată din epiteliu și corion. Epiteliul, exceptînd plicile vocale, este cilindric, ciliat. La nivelul plicilor vocale este pluristratificat pavimentos. Tunica mucoasă conține glande care secretă mucus. În corion se găsește țesut limfoid, care este bogat la nivelul ventriculilor laringieni.

Submucoasa este formată din țesut conjunctiv lax.

Aspectul interior al laringelui. Pe pereții laterali ai laringelui se află două perechi de plici cu direcție anteroposterioară; cele două, superioare, sînt plicile vestibulare iar cele două, inferioare, plicile vocale. Între cele două plici vestibulare se delimitează rima vestibulară, iar între cele două plici vocale — rima glotidică. Rima glotidică este divizată într-o parte anterioară — numită intermembranoasă, limitată de cele două plici vocale — și una posterioară — intercartilaginoasă, limitată între cele două

cartilagii aritenoide. Între plicile vestibulare și vocale, de fiecare parte, se află ventriculii laringieni. Deasupra plicilor vestibulare se află vestibulul laringian care, prin aditus laringis comunică cu laringofaringele, iar sub plicile vocale se află cavitatea infraglotică, ce comunică cu traheea.

Vascularizația laringelui este asigurată de artera laringiană superioară (din carotida externă) și artera laringiană inferioară (din artera subclavie). Sîngele venos ajunge în vena jugulară internă. Limfaticele laringelui ajung în ganglionii cervicali profunzi.

Inervația laringelui este asigurată de nervul laringian superior și inferior, ramuri ale nervului vag. Nervul laringian inferior inervează mușchii intrinseci ai laringelui, exceptînd mușchiul tirocricoidian. Nervul laringian superior inervează mucoasa laringelui și mușchiul tirocricoidian.

Traheea

Traheea este un organ în formă de tub care continuă laringele și se întinde de la C_6 pînă la T_4, unde se împarte în cele două bronhii. Are o lungime de 10—12 cm și un calibru de 1,6—2 cm. Prezintă un segment cervical și unul toracal. În segmentul cervical vine în raport posterior cu esofagul, anterior cu istmul glandei tiroide, cu mușchii infrahioidieni și pielea. Lateral vine în raport cu artera carotidă comună, vena jugulară internă, nervul vag și lobii laterali ai glandei tiroide. Porțiunea toracică este situată în mediastinul superior. Posterior vine în raport cu esofagul, anterior cu arcul aortei și cu ramurile desprinse din el, cu timusul și cu sternul iar lateral cu plămînii, acoperiți de pleura mediastinală.

În structura traheei se distinge un schelet fibrocartilaginos, format din 15—20 inele cartilaginoase incomplete posterior. Cartilagiile sînt unite între ele prin ligamente fibroelastice. În partea posterioară, unde inelele sînt incomplete, există fibre colagene, elastice și fibre musculare netede (mușchiul traheal).

La exterior se află o adventiție formată din țesut conjunctiv iar la interior traheea este acoperită de o mucoasă cu epiteliu cilindric, ciliat. Tunica mucoasă este bogată în glande.

Vascularizația traheei este dată de ramuri din arterele tiroidiene la nivelul gîtului și din arterele bronșice, la nivelul toracelui. Venele, în porțiunea cervicală, se varsă în vena jugulară internă, iar în porțiunea toracală, în venele azygos.

Limfaticele ajung în gg. cervicali profunzi pentru segmentul cervical și în ganglionii traheobronșici și mediastinali, pentru segmentul toracal.

Inervația este asigurată de fibre simpatice din simpaticul cervical și toracal și fibre parasimpatice din vag.

Bronhiile

La nivelul vertebrei T_4, traheea se împarte în cele două bronhii principale (dreaptă și stîngă). Aceste bronhii pătrund în plămîn prin hil, unde se vor ramifica intrapulmonar formînd arborele bronșic. Între cele două bronhii există o serie de deosebiri. Bronhia dreaptă este aproape verticală, cea stîngă aproape orizontală. Cea stîngă este mai lungă (5 cm) față de cea dreaptă (2,5 cm), în schimb bronhia dreaptă are un calibru mai mare (1,5 cm) față de cea stîngă (1 cm). Bronhia stîngă este înconjurată de crosa aortei, cea dreaptă de crosa marei vene azygos.

Structura bronhiilor principale este asemănătoare traheei, fiind formate din inele cartilaginoase incomplete posterior (9—11 la stînga, 5—7 la dreapta).

Vascularizația arterială este asigurată de arterele bronșice. Sîngele venos este colectat de venele bronșice care-l duc în sistemul azygos. Limfa ajunge în ganglionii traheobronșici și ganglionii mediastinali.

Inervația vegetativă provine din plexul bronhopulmonar.

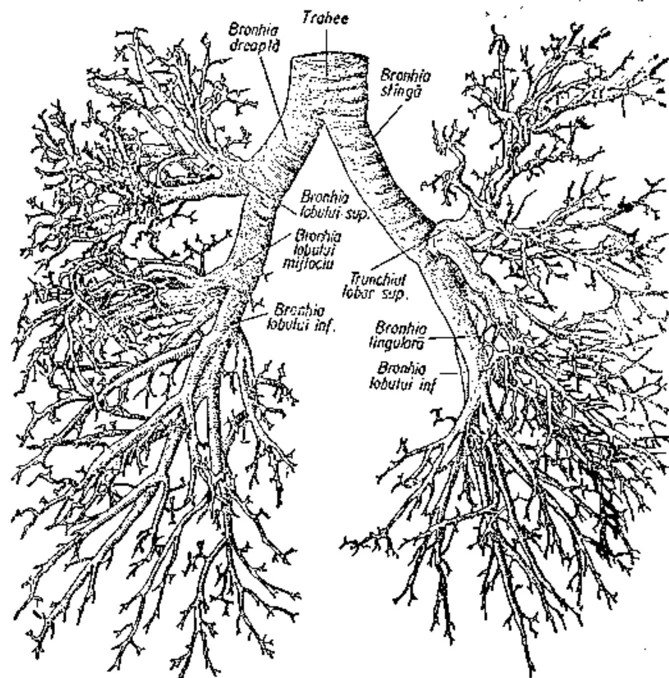


Fig. 113. Arborele bronșic.

Plămînii

Plămînii sînt principalele organe ale respirației. Sînt doi plămîni (stîng și drept) situați în cavitatea toracică, acoperit fiecare de pleura viscerală. Plămînii au forma unei jumătăți de con. Culoarea lor variază cu vîrsta; la făt, roșu-brun, la copil gri-rozie, la adult cenușiu mai mult sau mai puțin închis. Greutatea plămînilor este de 700 g pentru plămînul drept și 600 g pentru plămînul stîng.

Capacitatea totală a plămînilor este de 5 000 cm^3 aer. Consistența plămînilor este elastică, buretoasă. Diametrul vertical este de 22 cm, antero-posterior la bază de 18—20 cm iar transversal, la bază de 9—10 cm. (La plămînul drept diametrul vertical este mai mic decît la stîngul, dar celelalte diametre sînt mai mari).

Fața externă a plămînilor este convexă și vine în raport cu coastele. Pe această față se găsesc șanțuri adînci numite scizuri, care împart plămînii în lobi (fig. 114). Pe fața externă a plămînului drept se găsesc două scizuri — una oblică (principală) și alta orizontală, care începe la mijlocul scizurii oblice. Aceste două scizuri împart plămînii în trei lobi (superior, mijlociu și inferior). Pe fața externă a plămînului stîng se găsește o singură scizură (scizura oblică), care împarte plămînul stîng în doi lobi (superior și inferior).

Fața internă este plană și vine în raport cu organele din mediastin. Pe această față, mai aproape de marginea posterioară a plămînilor, se află hilul pulmonului pe unde intră sau ies din plămîn vasele, nervii și bronhia principală.

Baza plămînilor este concavă și vine în raport cu diafragma. Vîrful plămînului depășește în sus prima coastă și vine în raport cu organele de la baza gîtului. Marginea anterioară, ascuțită, este situată înapoia sternului, iar cea

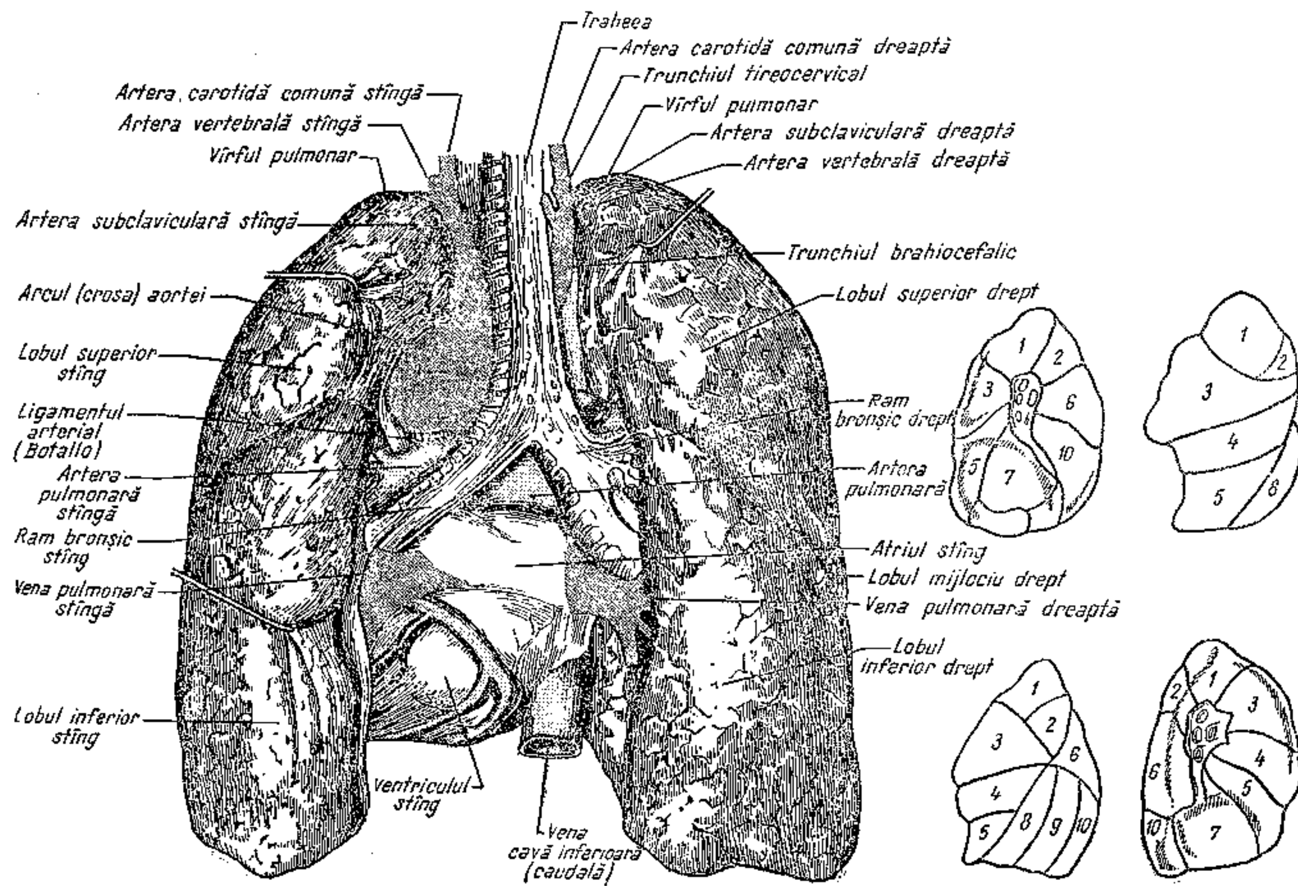


Fig. 114. Pulmonul drept și stîng (vedere posterioară și segmentele pulmonare).

posterioară, rotunjită, este în raport cu coloana vertebrală și extremitatea posterioară a coastelor.

Structura plămînilor. Plămînii sînt constituiți din: arborele bronșic, lobuli (formațiuni piramidale, situate la nivelul ultimelor ramificații ale arborelui bronșic), ramificațiile vaselor pulmonare și bronșice, nervi și limfatice, toate cuprinse în țesut conjunctiv.

Arborele bronșic. Bronhia principală, pătrunzînd în plămîn prin hil, se împarte intrapulmonar la dreapta în trei bronhii lobare (superioară, mijlocie și inferioară), iar la stînga în două bronhii lobare (superioară și inferioară). Bronhiile lobare se divid apoi în bronhii segmentare care asigură aerația segmentelor bronhopulmonare (unități anatomice și patologice ale plămînilor). Ele au limite, aerație, vascularizație și patologie proprie. Plămînul drept are 10 segmente, stîngul 9.

Bronhiile segmentare se divid în bronhiole lobulare care deservesc lobulii pulmonari, unități morfologice ale plămînului, de formă piramidală, cu baza spre periferia plămînului și vîrful spre hil. Bronhiolele lobulare, la rîndul lor, se ramifică în bronhiole respiratorii de la care pleacă ductele alveolare terminate prin săculeți alveolari. Pereții săculeților alveolari sînt compartimentați în alveole pulmonare.

Bronhiile respiratorii, împreună cu formațiunile derivate din ele (ducte alveolare, săculeți alveolari și alveolele pulmonare) formează acinii pulmonari. Acinul este unitatea morfofuncțională a plămînului.

Structura arborelui bronșic se modifică și ea. Bronhiile lobare au structură asemănătoare bronhiilor principale. Bronhiile segmentare au și ele un schelet cartilaginos însă cartilagiul este fragmentat (insule de cartilagiu), în schimb bronhiile lobulare și respiratorii pierd complet scheletul cartilaginos. Bronhiolele lobulare și respiratorii au un perete fibroelastic peste care sînt dispuse fibre musculare netede. În pereții ductelor alveolare întîlnim numai membrana fibroelastică căptușită de epiteliu.

Alveolele pulmonare au forma unui săculeț mic cu perete extrem de subțire, adaptat schimburilor gazoase. Pe o membrană fibroelastică există un epiteliu alveolar cu dublă funcție: fagocitară și respiratorie. Există circa 75—100 milioane de alveole, însumînd o suprafață de 80—120 m^2.

În jurul alveolelor se găsește o bogată rețea de capilare perialveolare, care împreună cu pereții alveolelor formează bariera alveolo-capilară, în a cărei structură menționăm epiteliul alveolar, membrana bazală fibro-elastică a alveolelor, membrana bazală a capilarului și endoteliu capilar. La nivelul acestei bariere au loc schimburile de gaze dintre alveole și sînge.

Vascularizația plămînilor. Plămînii au o dublă vascularizație: nutritivă și funcțională.

— Vascularizația nutritivă este asigurată de arterele bronșice, ramuri ale aortei toracale, care aduc la plămîn sînge cu oxigen. Arterele bronșice intră în plămîn prin hil și însoțesc arborele bronșic, ajungînd numai pînă la nivelul bronhiolelor respiratorii, unde se termină în rețeaua capilară, de la care pornesc venele bronșice ce duc sîngele cu CO_2 în sistemul azygos, acesta terminîndu-se în vena cavă superioară. Vascularizația nutritivă a plămînului face parte din marea circulație.

— Vascularizația funcțională aparține micii circulații. Ea începe prin trunchiul pulmonar care își are originea în ventriculul drept. Trunchiul pulmonar aduce la plămîn sînge încărcat cu CO_2. După un scurt traiect se împarte în artera pulmonară dreaptă și stîngă, pătrunzînd fiecare în plămînul respectiv, prin hil. În plămîn, arterele pulmonare se divid în ramuri ce însoțesc ramificațiile ar-

borelui bronşic pînă în jurul alveolelor, unde formează reţeaua capilară perialveolară. La acest nivel, sîngele cedează CO_2 şi primeşte O_2. De la reţeaua capilară pornesc venele pulmonare (cîte două pentru fiecare plămîn). Ele ies din plămîn prin hil şi se duc spre atriul stîng.

Limfa plămînului este colectată de ganglionii din hilul plămînului.

Inervaţia plămînilor provine din plexul bronhopulmonar. Fibrele parasimpatice determină bronhoconstricţie şi secreţia glandelor din mucoasa bronşică, iar cele simpatice, bronhodilataţie.

Pleura

Fiecare plămîn este învelit de o seroasă numită pleură. Pleura prezintă o foiţă parietală care căptuşeşte pereţii toracelui şi o foiţă viscerală, care acoperă plămînul pătrunzînd şi în scizuri. Între cele două foiţe există o cavitate virtuală, cavitatea pleurală, în care se află o lamă fină de lichid pleural. În cavitatea pleurală există o uşoară presiune negativă care obligă cele două foiţe să stea lipite una de cealaltă. Cele două foiţe ale pleurei se continuă una cu cealaltă la nivelul hilului.

Mediastinul

Este spaţiul cuprins între feţele mediale ale celor doi plămîni, acoperiţi de pleurele mediastinale. Anterior ajunge pînă la stern, posterior pînă la coloana vertebrală, inferior pînă la diafragmă, iar superior comunică larg cu baza gîtului.

XXI. FIZIOLOGIA RESPIRAŢIEI

Respiraţia reprezintă schimbul de O_2 şi CO_2 dintre organism şi mediu. Acest schimb se desfăşoară în trei etape.

Etapa pulmonară — respiraţia externă.

Etapa sangvină — transportul gazelor.

Etapa tisulară — respiraţia internă.

În sensul strict al cuvîntului, adevărata respiraţie este cea tisulară în timp ce primele două etape asigură doar primenirea gazelor respiratorii din mediul intern.

RESPIRAŢIA PULMONARĂ

Respiraţia pulmonară este consecinţa unor procese mecanice (mecanica respiraţiei) şi fizico-chimice (schimbul de gaze la nivelul plămînilor).

1. MECANICA RESPIRAŢIEI (VENTILAŢIA)

Organele respiraţiei externe sînt: plămînii şi cutia toracică (organe pasive) şi muşchii respiratori (organe active). Plămînii sînt înveliţi de pleură cu cele două foiţe ale sale: foiţa viscerală, aderentă de plămîn şi foiţa parietală, aderentă de cutia toracică. Între ele se cuprinde un spaţiu virtual numit *spaţiul pleural* (cavitatea pleurală ce conţine un strat molecular de lichid pleural).

Din cauza elasticităţii, plămînii au tendinţa de a se retrage spre hiluri, fenomen ce nu are loc în mod normal, datorită unor forţe puternice de adeziune dintre moleculele lichidului pleural. Totuşi, forţele elastice determină o scădere de 3—5 mm Hg sub presiunea atmosferică a presiunii dintre cele două pleure. Aceasta reprezintă *presiunea ne-*

gativă intrapleurală, cu rol esențial în mecanica ventilației. Dacă, accidental sau în scop terapeutic, se introduce aer (pneumotorax) sau lichid (hidrotorax) între cele două pleure, cavitatea pleurală din *virtuală* devine *reală*, ca urmare a retragerii (colabării) totale sau parțiale a plămînului.

MIȘCĂRILE RESPIRATORII au loc ca urmare a intrării și ieșirii ritmice din activitate a mușchilor respiratori. Aceste mișcări se desfășoară în două faze: inspirația și expirația.

Inspirația este un proces activ prin care aerul atmosferic pătrunde în plămîni, datorită scăderii *presiunii intrapulmonare* sub nivelul presiunii atmosferice. Această depresiune este rezultatul creșterii *volumului cutiei toracice,* ca urmare a acțiunii *musculaturii inspiratorii.* Principalul mușchi inspirator este diafragmul și separă cutia toracică de cavitatea abdominală. El este inervat de nervul frenic. Prin contracție, diafragmul coboară, se aplatizează și mărește astfel diametrul vertical al cutiei toracice. Suprafața diafragmului este de 250 cm^3. Într-o inspirație liniștită diafragmul coboară 1—2 cm, iar într-o inspirație forțată, 10 cm, permițînd ventilarea unor volume de 500—2 500 cm^3 aer per ciclu respirator. În afară de diafragm — inspirația este produsă și de mușchii intercostali externi. Contracția lor determină ridicarea și rotarea coastelor și deplasarea înainte a sternului, astfel că are loc o creștere a diametrelor antero-posterior și transversal ale cutiei toracice. Intercostalii externi și diafragmul reprezintă *mușchii inspiratori principali.* Ei asigură respirația liniștită. Există mușchi *inspiratori auxiliari* care intervin în cazul respirației forțate. Aceștia sînt mușchii scaleni, sternocleidomastoidieni, pectorali, dințați, trapezi etc. Datorită adeziunii dintre foițele pleurei, mișcarea coastelor și a diafragmului este urmată de către cei doi plămîni a căror capacitate crește. Presiunea din căile respiratorii scade și se produce inspirația.

Expirația reprezintă actul prin care aerul părăsește plămînii. Ea are un caracter predominant pasiv și se datorește revenirii elastice a plămînilor care nu mai sînt ținuți în tensiune în urma încetării contracției mușchilor inspiratori. În aceste condiții, diafragmul relaxat este împins în sus de către presiunea pozitivă din cavitatea abdominală, iar sternul și coastele coboară la poziția inițială datorită gravitației și revenirii elastice a cartilajelor costale, torsionate, și a ligamentelor întinse în timpul inspirației. Presiunea intrapulmonară crește cu 2—4 mm Hg și aerul este expulzat. Singurii mușchi ce intervin în *expirația liniștită* sînt intercostalii interni.

În cazul *expirației forțate,* în timpul eforturilor și în condiții patologice intră în activitate *mușchii expiratori auxiliari* (mușchii abdominali și mușchii regiunii lombare). Expirația devine activă.

Cele două faze ale respirației pulmonare se succed ritmic, fără pauză, cu o frecvență de repaus de 14—16 cicluri pe minut la bărbat și 18 respirații/minut la femeie. La femei, inspirația se realizează mai ales prin creșterea diametrelor transversale și anteroposterior (tip costal) iar la bărbați, prin creșterea celui vertical (tip abdominal). Frecvența respirației crește în funcție de nevoile de O_2 și de prezența CO_2.

Rolul diafragmului în ventilație poate fi demonstrat cu dispozitivul Donders. Trăgînd în jos de membrana elastică, mărim capacitatea clopotului de sticlă și provocăm umplerea cu aer, a plămînilor, iar relaxînd membrana elastică, provocăm expirația. Înscrierea mișcărilor respiratorii se face cu ajutorul pneumografului. Se obține o pneumogramă cu o pantă ascendentă (ispirația mai abruptă și alta descendentă (expirația) cu 2 componente: una inițială, mai rapidă și a 2-a finală, mai lentă. Durata inspirației este mai scurtă ca a expirației.

VOLUMELE ȘI CAPACITĂȚILE PULMONARE. Într-o respirație liniștită pătrund și ies din plămîni 500 cm^3 aer. Acesta reprezintă *volumul respirator curent* (V.C.). Din acesta, 150 cm^3 ocupă căile aeriene superioare și inferioare și 350 cm^3 ajunge la alveole. Volumul de aer inspirat care nu ajunge la alveole se numește *spațiul mort.*

La sfîrșitul unei inspirații liniștite, individul mai poate inspira forțat 2 500 cm^3 aer care reprezintă *volumul inspirator de rezervă* (V.I.R.). Tot așa, la sfîrșitul unei expirații liniștite, individul mai poate expira forțat o cantitate de 1 000 cm^3 aer care reprezintă *volumul expirator de rezervă* (V.E.R.). Volumul curent și cele două volume de rezervă reprezintă c a p a c i t a t e a v i t a l ă (C.V.) a plămînului (4 000 ml).

Valoarea normală a C.V. variază între 3 000 — 6 000 cm^3 în funcție de sex (mai mică la femei) și talie (direct proporțională cu înălțimea). Capacitatea vitală reprezintă volumul maxim de aer ce poate fi eliminat din plămîni printr-o expirație maximă ce urmează unei inspirații maxime.

La sfîrșitul unei expirații maxime, mai rămîn în plămîni 1 500 cm^3 aer. Acesta reprezintă *volumul rezidual*, ce nu poate fi scos din plămîni decît prin înlocuirea sa cu un gaz inert (He), cu apă, sau prin colabarea plămînilor. Dacă colabăm cei doi plămîni, cea mai mare parte din volumul rezidual se elimină rămînînd numai 200 cm^3 de aer (aer minimal) care asigură plutirea unui fragment de plămîn la suprafața apei. Acesta este un semn important în medicina judiciară. La copilul născut mort, care deci nu a respirat, plămînii nu conțin deloc aer și cad la fundul apei *(proba docimazei negativă)*, în timp ce la copilul ce a respirat măcar odată, fragmentul de plămîn plutește *(proba docimazei pozitivă)*. Volumul rezidual (V. R.) împreună cu C. V. reprezintă *capacitatea pulmonară totală* (C.P.T.) iar volumul rezidual împreună cu volumul expirator de rezervă reprezintă *capacitatea reziduală funcțională* (C.R.F.). Valoarea ei este de 2 500 cm^3; crește în inspirație și revine în expirație.

Aerul ce formează C.R.F. reprezintă aerul alveolar. El se primenește mereu. Cu fiecare inspirație pătrund în alveole 350 cm^3 aer inspirat și cu fiecare expirație părăsesc plămînii 350 ml aer alveolar. Acest volum se amestecă cu cei 150 cm^3 aer din spațiul mort și formează *aerul expirat*.

Explorarea ventilației pulmonare se face cu ajutorul unor aparate numite *spirometre* și *spirografe* (fig. 115). Cu ajutorul spirometrului se poate măsura capacitatea vitală. Prin spirografie se pot înregistra și măsura volumele și capacitățile pulmonare și se pot calcula *debitele ventilatorii*. Debitul ventilator este cantitatea de aer ventilată de plămîni într-un minut. Valoarea sa de repaus reprezintă produsul dintre volumul curent (0,5 l) și frecvența (16) respirației, adică 8 litri de aer. În efortul fizic, debitul ventilator crește la 50 — 80 — 100 litri pe minut

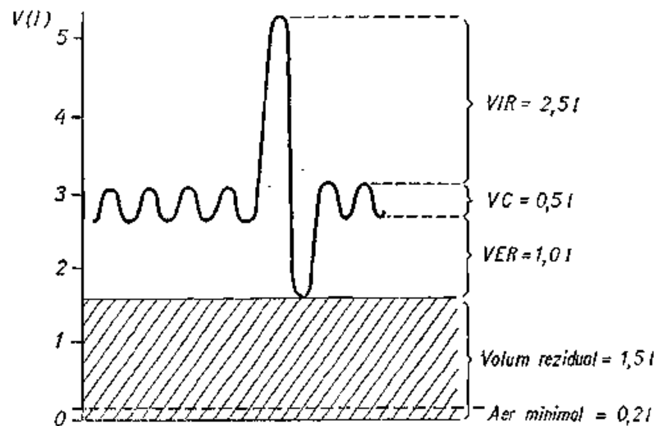


Fig. 115. Spirograma.

iar în respirația voluntară forțată, cu frecvență și amplitudine maximă, se înregistrează *debite ventilatorii maxime* de pînă la 180 litri pe minut.

2. SCHIMBUL DE GAZE LA NIVELUL PLĂMÎNILOR

Între aerul alveolar și sîngele venos din capilarul pulmonar are loc un schimb de gaze. El se mai numește hematoză. Structura prin care se produce acest schimb este membrana alveolo-capilară (fig. 116). Suprafața totală a acestei membrane este de 100 m² pentru ambii plămîni. Este posibilă astfel trecerea unor volume importante de gaze în ambele sensuri într-un timp relativ scurt (0,1 s.).

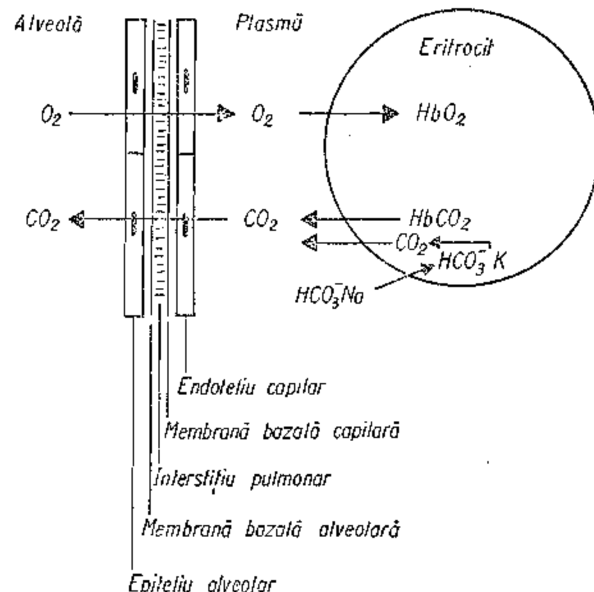


Fig. 116. Structura membranei alveolo-capilare.

LEGILE SCHIMBULUI DE GAZE sînt legi fizice ale solubilității și presiunilor parțiale *(legea lui Dalton)*. Fiecare gaz dintr-un amestec dezvoltă o presiune proporțională cu concentrația sa și cu presiunea totală a amestecului. Fiecare gaz difuzează pasiv de la presiunea parțială mare la presiunea parțială mică.

VALORILE PRESIUNILOR PARȚIALE ale gazelor respiratorii sînt redate în figura 117. Conform legilor amintite, oxigenul difuzează din aerul alveolar unde presiunea sa parțială (P_{O_2} este 100 mm Hg, în sîngele venos unde presiunea parțială a O_2 este 40 iar CO_2 difuzează de la presiunea parțială (P_{CO_2}) 46, existentă în sîngele venos, la presiunea parțială 40 din aerul alveolar. Deși diferențele de presiune parțială ale O_2 sînt mult mai mari ca ale CO_2, totuși volumele de O_2 și CO_2 care difuzează prin membrana alveolo-capilară într-un minut sînt aproape egale. Acest fapt se datorește marii difuzibilități a CO_2 care este de 25 ori mai difuzibil decît oxigenul. Cantitatea de O_2 consumată de organism în repaus, într-un minut este de 300 cm³. În același timp este eliminat un volum de 250 cm³ CO_2. În efortul fizic, cantitățile de gaz ce difuzează în ambele sensuri cresc de 10—15 ori.

Gazele difuzează între două medii cu stare de agregare diferită (lichidă și gazoasă). Acest proces se desfășoară pînă se atinge echilibrul presiunilor parțiale ale gazelor în cele două medii (cînd numărul de molecule de gaz ce se dizolvă în lichid este egal cu al celor ce părăsesc lichidul). Pentru plămîni și sînge, echilibrarea se realizează atunci cînd presiunea parțială a CO_2 (P_{CO_2}) a scăzut în sînge de la 46 la 40 mm Hg, atingînd deci valoarea P_{CO_2} din aerul alveolar iar P_{O_2} crește în sînge de la 40 la 100 mm Hg.

În acest moment sîngele venos a devenit sînge arterial. Cantitatea de O_2 preluată de sînge la nivelul plămînilor este mult mai

mare decît cea calculată conform legii dizolvării gazelor a lui Henry. O sută de cm^3 de plasmă echilibrată la 100 mm Hg O_2 conțin 0,3 ml O_2 dizolvat, în timp de 100 cm^3 sînge integral conțin 20 ml O_2. Creșterea așa de mare a capacității sîngelui de a fixa O_2 se datorește hemoglobinei din hemații care leagă chimic O_2 sub formă de oxihemoglobină.

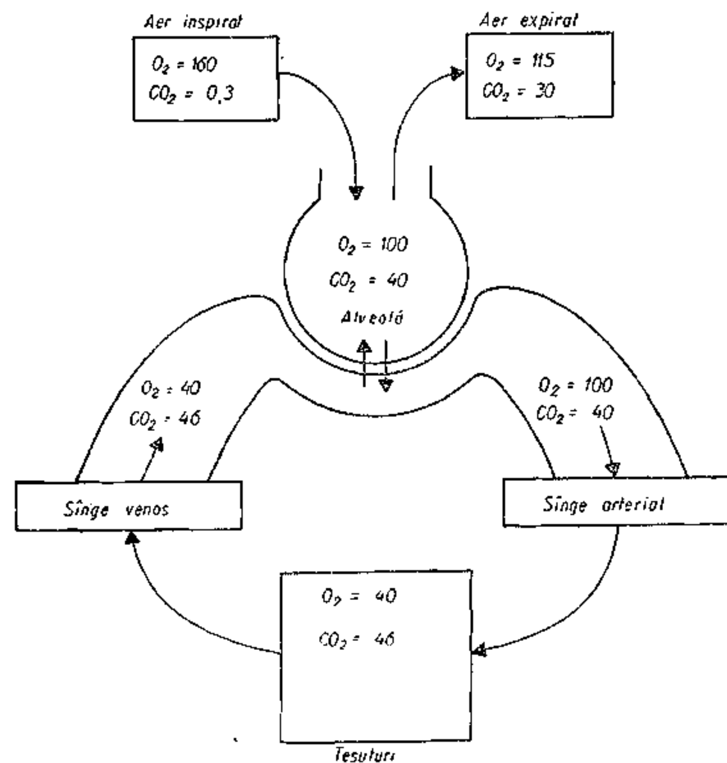


Fig. 117. Presiunile parțiale ale gazelor respiratorii (în mmHg).

3. REGLAREA NEUROUMORALĂ A RESPIRAȚIEI PULMONARE

Prin reglarea respirației se înțelege în mod curent reglarea mișcărilor ventilatorii și a debitului ventilator. Debitul ventilator variază prin variația frecvenței și amplitudinii mișcărilor respiratorii. Variațiile ventilatorii au loc concordant cu variația irigației funcționale pulmonare (perfuzia). Raportul dintre ventilația și perfuzia fiecărui teritoriu pulmonar se menține constant. Dacă o zonă pulmonară este slab ventilată, prin reflexe locale se produce și o reducere corespunzătoare a perfuziei teritoriului respectiv, și invers. Mecanismele care asigură adaptarea debitului ventilator la nevoile metabolice ale organismului sînt nervoase și umorale.

REGLAREA NERVOASĂ a ventilației se realizează prin intervenția *centrilor respiratori*. Aceștia asigură o reglare automată a respirației.

Există *centri respiratori primari*, situați în bulb, (cîte un centru expirator și unul inspirator de fiecare parte), și *centrii respiratori accesori*, localizați la nivelul punții, reprezentați prin centrul apneustic din 2/3 posterioare și centrul pneumotaxic din 1/3 anterioară (fig. 118).

Centrii respiratori sînt reprezentați de două populații neuronale ce se întind între bulb și punte ca 2 coloane paralele neîntrerupte, bogat interconectate. Coloana neuronilor inspiratori este situată în treimea inferioară și postero-laterală a trunchiului cerebral iar coloana neuronilor expiratori, în treimea medie și ventro-medial. Precizarea rolului diferitelor structuri bulbo-pontine în reglarea automată a respirației s-a făcut prin secționarea etajată a trunchiului cerebral. Secțiunea subbulbară sistează respirația și produce moartea. Dacă secțiunea se practică sub al 5-lea segment cervical, respirațiile ritmice continuă. În cazul primei secționări nu au fost afectați centrii respiratori ci căile eferente descendente bulbo-spinale prin care se transmiteau comenzi la motoneuronii

de origine ai n. frenic. În cazul secțiunilor practicate în șanțul bulbo-pontin respirația se păstrează dar devine mai neregulată, iar dacă secționăm și nervii vagi, respirația devine mai rară și mai puțin amplă, cu o prelungire a inspirației. Modificările respiratorii observate au fost denumite *respirații apneustice*. Cauza lor este întreruperea controlului inhibitor exercitat de centrul pneumotaxic pontin asupra centrilor apneustic și inspirator.

Centrii respiratori primari prezintă un automatism propriu, ce constă din trecerea lor alternativă prin starea de activitate și de repaus. Cînd centrii inspiratori sînt în stare de activitate, centrii expiratori se află în repaus. În acest moment are loc inspirația. Spre sfîrșitul inspirației activitatea centrilor inspiratori încetează, concomitent cu intrarea în activitate a centrilor expiratori și are loc expirația. Întreruperea tuturor aferențelor spre centrii bulbari nu suprimă acest automatism neuronal.

Activitatea automată a centrilor respiratori bulbari este controlată și influențată de centrii respiratori pontini. Astfel, centrul apneustic are acțiune excitatoare continuă asupra centrului inspirator iar centrul pneumotaxic, acțiune inhibitoare intermitentă (fig. 119).

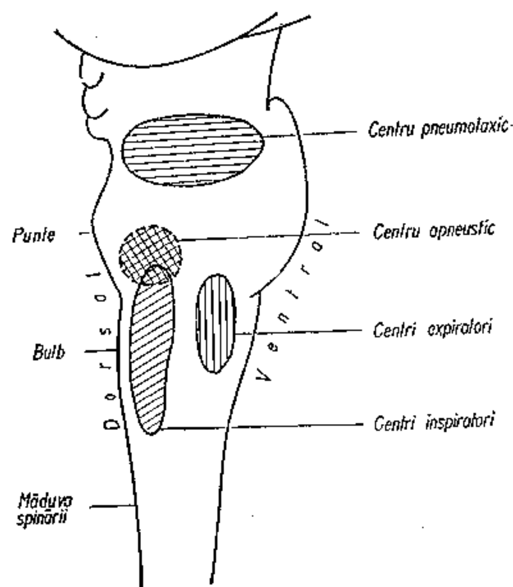


Fig. 118. Centrii respiratori bulbo-pontini.

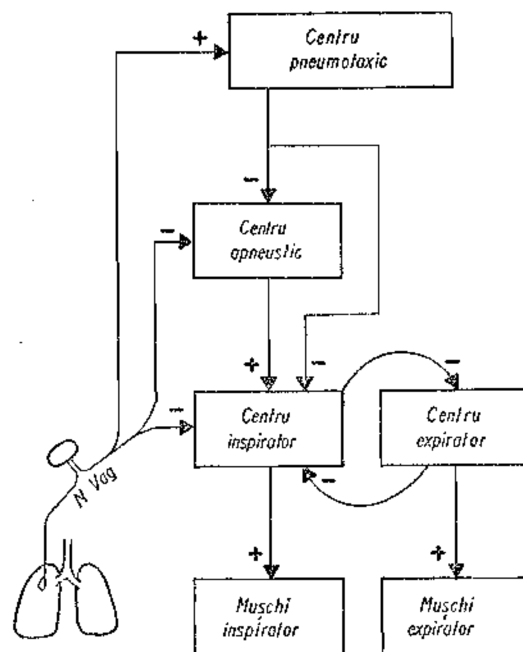


Fig. 119. Relațiile dintre centrii respiratori.

În afara impulsurilor inhibitorii descendente pontine, centrii inspiratori primesc impulsuri inhibitorii ascendente pe calea aferențelor vagale. În inspirație, distensia plăminilor excită terminațiile senzitive vagale din pereții alveolari și provoacă impulsuri centripete cu efect inhibitor asupra centrilor inspiratori și apneustic, și stimulator asupra centrului pneumotaxic. Ca urmare, inspirația încetează și are loc expirația. Turtirea alveolelor ce survine spre sfîrșitul expirației, face să înceteze impulsurile inhibitorii ale vagului, ceea ce va permite neuronilor inspiratori reluarea activității. Prin acest mecanism se asigură succesiunea regulată, ritmică a activității centrilor respiratori. Descărcările ritmice din cei doi centrii respiratori bulbari coboară spre motoneuronii ce inervează mușchii inspiratori și expiratori. Activitatea centrului inspirator este însoțită de contracția mușchilor inspiratori și relaxarea celor expiratori iar activitatea centrului expirator determină contracția mușchilor expiratori și relaxarea celor inspiratori. În respirația liniștită, rolul centrului expirator este redus.

Activitatea centrilor nervoși bulbo pontini este modificată atît în intensitate cît și în frecvență, sub influențe nervoase și umorale. *Influențele nervoase* pot fi de două feluri:

— directe, de la centrii nervoși encefalici (din hipotalamus și scoarța cerebrală) sau de la alți centrii vecini;

— reflexe, de la receptorii răspîndiți în tot organismul.

Influențele nervoase directe corticale permit controlul voluntar în anumite limite a mișcărilor ventilatorii. Ele explică modificările respirației în stări emoționale precum și reflexele condiționate respiratorii. Sub influența scoarței cerebrale are loc *reglarea comportamentală* a respirației. Variații funcționale în sistemul limbic (stări emoționale) sau la nivelul neocortexului (activități intelectuale) pot modifica actul ventilator. Respirația poate fi oprită voluntar (apnee) pentru cîteva zeci de secunde sau 3—4 minute la antrenați. Actul ventilator se adaptează unor activități psiho-sociale (vorbitul cîntatul vocal sau la instrumente de suflat), sau psiho-fizice (efortul profesional, efortul sportiv). Respirația poate fi accelerată (polipnee) sau rărită (bradipnee) voluntar. Controlul respirației are mare rol în anumite practici sportive orientale (Yoga, Karate etc.).

Centrii hipotalamici modifică frecvența respirației în funcție de temperatura mediului ambiant. La cîine, spre exemplu, animal care nu transpiră, răcirea organismului se face prin polipnee termică. Centrii bulbari sînt inhibați de centrul deglutiției (apneea din timpul deglutiției).

Influențele reflexe pot proveni de la totalitatea intero-, extero- și proprioceptorilor din organism. Principalele reflexe respiratorii sînt inițiate la nivelul interoceptorilor aparatului respirator și cardiovascular.

— Reflexul Herring-Breuer este declanșat de distensia alveolelor pulmonare din timpul inspirației. Baroceptorii situați la acest nivel trimit impulsuri ascendente inhibitorii care, pe calea vagului, ajung în trunchiul cerebral inhibînd centrii apneustic și inspirator. În expirație, inhibiția vagală încetează, centrul apneustic își reia activitatea declanșînd o nouă inspirație și așa mai departe.

— Reflexul de tuse și reflexul de strănut, au punct de plecare receptorii situați în mucoasa căilor aeriene inferioare (tusea) și superioare (strănutul). Ele sînt reflexe de apărare și duc la expulzia forțată a corpurilor străine ce au pătruns în aceste căi.

— Reflexe respiratorii pornite de la zonele reflexogene cardiovasculare sînt inițiate la chemo- sau la baroceptorii sinocarotidieni și cardioaortici. Creșterea tensiunii arteriale produce rărirea mișcărilor respiratorii (bradipnee) iar scăderea tensiunii arteriale produce accelerarea frecvenței mișcărilor respiratorii (tahipnee).

— Excitarea receptorilor cutanați termici și dureroși este urmată de inspirație bruscă și oprirea respirației (ap-

nee). Este cunoscut efectul unui duş rece aplicat pe tegumentul cefei.

— Excitarea proprioceptorilor din muşchi, tendoane şi capsule articulare în timpul efortului muscular stimulează, de asemenea, activitatea centrilor respiratori.

REGLAREA UMORALĂ A RESPIRAŢIEI, se datoreşte influenţelor exercitate asupra centrilor respiratori de către o serie de substanţe. *Rolul cel mai important în reglarea umorală a respiraţiei îl joacă gazele respiratorii CO_2 şi O_2* şi variaţiile de pH ale sîngelui şi ale lichidului cefalorahidian. Aceşti factori influenţează centrii respiratori acţionînd mai ales asupra neuronilor respectivi, dar şi indirect, prin intermediul chemoreceptorilor din alveole, trunchiul cerebral şi zonele reflexogene ale aparatului circulator.

Rolul CO_2 este esenţial şi de aceea această substanţă a fost denumită *hormon respirator*. El acţionează direct asupra centrilor. Creşterea P_{CO_2} în sîngele arterial numai cu 0,5 mm Hg (de la 40 la 40,5) este urmată de dublarea debitului ventilator pulmonar (de la 8 la 16 l/minut). Scăderea P_{CO_2} determină rărirea respiraţiei şi chiar oprirea ei (apnee). Datorită marii sensibilităţi a centrilor respiratori la CO_2, este asigurată adaptarea ventilaţiei pulmonare în funcţie de intensitatea proceselor metabolice din organism. Creşterea P_{CO_2} poate stimula respiraţia şi prin intermediul chemoreceptorilor alveolari şi ai zonelor reflexogene.

Rolul O_2 este de asemenea important. Scăderea P_{O_2} din sîngele arterial excită chemoreceptorii zonelor reflexogene producînd hiperventilaţie. Scăderea P_{O_2} acţionează şi direct asupra centrilor, dar efectele sale chemoreflexe sînt mai importante.

Rolul H^+. Creşterea concentraţiei H^+ în timpul activităţii metabolice intense stimulează chemoreceptorii vasculari şi determină intensificarea respiraţiei. Un rol şi mai mare îl joacă creşterea concentraţiei H^+ în lichidul cefalorahidian ce scaldă chemoreceptorii trunchiului cerebral şi din lichidul interstiţial din jurul neuronilor centrilor apneustic şi inspirator. Creşterea concentraţiei H^+ are loc datorită CO_2 care, fiind foarte solubil şi difuzibil traversează uşor bariera ce separă sîngele de ţesutul nervos (bariera hematoencefalică). Împreună cu apa CO_2 formează H_2CO_3. Acesta, prin disociere, eliberează H^+ care stimulează direct chemoreceptorii din trunchiul cerebral.

RESPIRAŢIA ÎN CONDIŢII DE AER RAREFIAT ŞI COMPRIMAT. Respiraţia pulmonară se adaptează şi în funcţie de presiunile parţiale ale O_2 din aerul inspirat. Cînd presiunea atmosferică este scăzută *(hipobarism)* la altitudini peste 3 000 m sau în cazul zborurilor la mare înălţime, scade P_{O_2} şi se produce *hipoxemia*. Prin mecanisme chemoreflexe are loc intensificarea mişcărilor ventilatorii. În felul acesta, creşte aportul de O_2. În acelaşi timp scade CO_2 din sînge şi pH-ul acestuia creşte spre valori mai alcaline (alcaloză respiratorie) de la 7,35 la 7,38.

În cazul respiraţiei de aer comprimat *(hiperbarism)* întîlnită la scafandri, la muncitorii chesonieri, în submarine, se produce hiperoxie şi rărirea respiraţiilor.

Tulburările ventilaţiei pulmonare se pot produce fie în deficite ale cutiei toracice (anchiloze costo-vertebrale, deformaţii ale coloanei), fie în deficite ale musculaturii respiratorii (paralizii), în tulburări ale schimbului de gaze sau în afecţiuni ale centrilor respiratori. În acest din urmă caz respiraţia capătă caracter periodic. Un tip de respiraţie periodică este respiraţia Cheyne-Stockes ce poate surveni şi fiziologic în somnul profund. Ea constă dintr-o succesiune ciclică de respiraţii cu frecvenţă şi amplitudine progresiv crescîndă apoi descrescîndă, separate de perioade de apnee (fig. 119).

Etapa sangvină — transportul O_2 și CO_2 prin sînge

1. *TRANSPORTUL* O_2, se face de la plămîni la țesuturi. În plămîni O_2 difuzează din aerul alveolar unde presiunea sa parțială este 100 mm Hg, în sîngele venos unde P_{O_2} este 40 mm Hg.

Formele de transport ale O_2 sînt: dizolvat fizic în plasmă (0,3 O_2%) și legat chimic sub formă de *oxihemoglobină* (HbO_2) în proporție de 20 O_2% sînge. Forma dizolvată, deși redusă cantitativ are o mare importanță deoarece acest oxigen participă direct la schimbul de gaze atît în plămîn cît și la țesuturi. Capacitatea de transport a sîngelui pentru O_2 este așadar considerabil crescută datorită Hb din eritrocite. Hemoglobina denumită și pigment respirator este o cromoproteină ce conține în molecula ei 4 atomi de Fe bivalent ce pot lega prin valențe reziduale 4 molecule de O_2 (pentru amănunte vezi capitolul Sîngele). Cînd toată Hb este oxigenată aceasta este saturată cu O_2. Gradul de saturație a Hb variază proporțional cu valoarea presiunii parțiale a O_2 din aerul alveolar și din plasma cu care acesta se echilibrează. Curba de asociere — disociere dintre O_2 și Hb, nu este lineară ci are forma de S italic.

Forma curbei este influențată de creșterea P_{CO_2}, creșterea temperaturii și scăderea pH-ului, și mai ales de creșterea concentrației de acid 2.3, Difosfogliceric (2.3 DPG), care deplasează curba spre dreapta, favorizînd disocierea HbO_2 și eliberarea O_2 la țesuturi. Scăderea P_{CO_2}, creșterea pH-ului, scăderea temperaturii sîngelui și a concentrației 2.3 D.P.G. fenomene ce se petrec la nivelul plămînilor, deplasează curba spre stînga, favorizînd oxigenarea Hb (fig. 120).

La nivelul țesuturilor, P_{O_2} este 40 mm Hg și O_2 va difuza din plasmă în interstiții și de aici în celule. Are loc scăderea rapidă a P_{O_2} plasmatic, fapt ce determină disocierea oxihemoglobinei, care rămîne saturată în proporție de numai 50—70%.

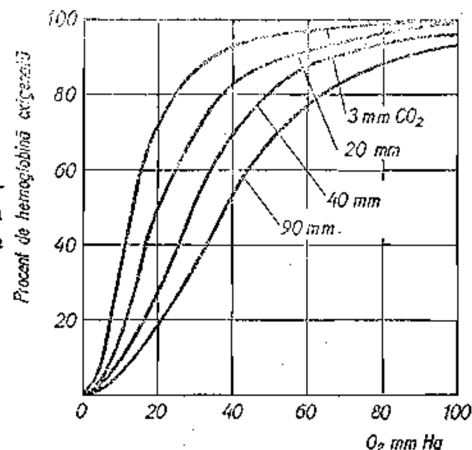


Fig. 120. Efectele variațiilor P_{CO_2} asupra curbei de disociere a oxihemoglobinei.

Fiecare sută de ml sînge eliberează la țesuturi, în repaus, cîte 6 ml O_2. Acesta este ***coeficientul de utilizare a oxigenului***. În timpul efortului fizic coeficientul de utilizare a O_2 crește de la 6 la 12%. Deci, sîngele arterial transportă cîte 20 ml O_2 la fiecare sută de ml sînge din care cedează țesuturilor 6—12 ml. Sîngele venos mai conține o cantitate de 8—14 ml O_2 legat de Hb. Prin cedarea O_2 la țesuturi, o parte din HbO_2 devine hemoglobină redusă (HHb). Aceasta imprimă sîngelui venos culoarea albastru-violaceu caracteristică. Cînd cantitatea de HHb din sînge crește, se produce colorația albastră a tegumentelor și mucoaselor (cianoză).

2. *TRANSPORTUL* CO_2 se face de la țesuturi la plămîni. Rolul cel mai important revine tot hematiilor și hemoglobinei. Dioxidul de carbon difuzează din țesuturi

unde P_{CO_2} este 46 mm Hg spre sîngele arterial unde P_{CO_2} este 40. CO_2 difuzează cu uşurinţă în plasmă şi hematii dizolvîndu-se în apa acestora.

Formele de transport ale CO_2 sînt:

— dizolvat fizic în plasmă sub formă de acid carbonic în proporţie de 3 cm^3 % (8% din CO_2 total);

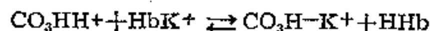
— legat chimic sub formă de bicarbonat de Na în plasmă în proporţie de 60 cm^3 %;

— legat chimic de proteinele plasmatice, de Hb şi de bicarbonat de K în eritrocite.

Raportul $\frac{CO_3H_2}{CO_3HNa}$ se menţine constant la valoarea $\frac{1}{20}$. Aceste două substanţe formează sistemul tampon al bicarbonaţilor cu rol important în menţinerea constantă a echilibrului acido-bazic al organismului. Cantitatea de bicarbonat de Na conţinută la 100 ml plasmă a căpătat denumirea de rezervă *alcalină* a sîngelui. Ea se consumă cînd în sînge apar acizi ca urmare a activităţii metabolice intense sau în boli metabolice (diabet).

Legarea CO_2 de proteine şi Hb se face la nivelul grupării NH_2 (aminice) ale acestor molecule. Produsul se numeşte carbaminalbumină, carbaminglobulină sau carbamin-Hb (carbo-Hb), după caz.

Legarea CO_2 sub formă de bicarbonat de Na şi K este un proces mult mai complex cunoscut sub denumirea de *fenomenul migrării clorului.* Etapele principale ale acestui fenomen sînt prezentate în figura 121. În primul moment după difuzarea sa, CO_2 se combină cu apa, atît în plasmă cît şi în hematie dînd H_2CO_3. Viteza acestei reacţii este considerabil mărită în hematie datorită prezenţei anhidrazei carbonice, enzimă care catalizează reacţia. Se formează astfel un exces de H_2CO_3 în hematie Acesta reacţionează cu hemoglobinatul de potasiu conform reacţiei:



$$CO_3HH^+ + HbK^+ \rightleftarrows CO_3H^-K^+ + HHb$$

Se formează bicarbonatul de K iar hidrogenul disociat de la acidul carbonic este tamponat de către Hb care devine hemoglobină redusă. Bicarbonatul de K disociază total eliberînd o mare cantitate de anion bicarbonic (CO_3H^-) care, datorită legilor difuziunii iese din hematie în plasmă unde concentraţia sa este joasă. Membrana hematiei este permeabilă la anioni dar nu şi la cationi. Prin ieşirea CO_3H^- se creează un dezechilibru electric care determină migrarea Cl^- din plasmă în eritrocite. În plasmă, Na^+ rămas singur după plecarea Cl^-, formează cu anionul bicarbonic, bicarbonatul de Na. Prin migrarea Cl^-, cresc numărul de particule osmotice din hematie, fapt ce determină migrarea apei din plasmă spre eritrocite. In hematii $Cl^- + K^+$ formează KCl.

Toate aceste reacţii au loc cu mare viteză şi se termină în momentul echilibrării P_{CO_2} din plasmă cu P_{CO_2} tisulară. În acest moment sîngele a devenit venos. La nivelul plămînilor fenomenele se petrec în sens invers. CO_2 difuzează din plasmă în aerul alveolar unde presiunea sa parţială este numai 40 mm Hg.

Din aceste reacţii se poate vedea rolul considerabil jucat de hematie nu numai în transportul gazelor respiratorii ci şi în echilibrul acido-bazic al organismului.

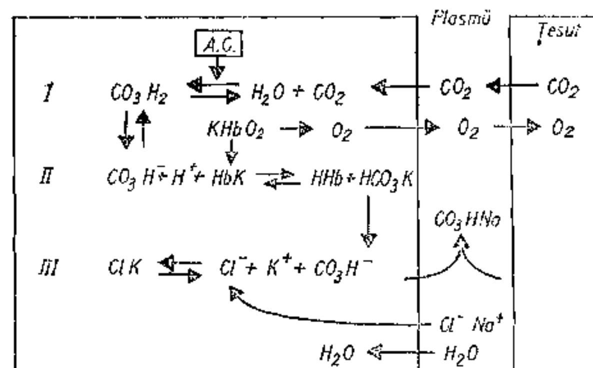


Fig. 121. Fenomenul migrării clorului (A.C=anhidraza carbonică).

Etapa tisulară — respirația internă

Reprezintă respirația propriu-zisă a celulelor corpului. Acest proces constă, în esență, în reacții de oxido-reducere în cursul cărora hidrogenul se combină cu oxigenul dînd apa și energia chimică ce stă la baza vieții celulare.

Respirația celulară se desfășoară la nivelul mitocondriilor unde sînt cantonate numeroase enzime care asigură desfășurarea succesivă a reacțiilor de oxidare fapt ce permite eliberarea în trepte a energiei chimice a substanțelor arse. O parte din energia chimică eliberată este utilizată în alte reacții endotermice, o parte este înmagazinată în molecule macroergice de ATP și o parte se degajă sub formă de căldură (vezi metabolismele intermediar și energetic).

XXII. APARATUL CARDIOVASCULAR (ANATOMIE)

1. INIMA

Inima este organul central al aparatului cardiovascular. Este situată în mediastin și are forma unei piramide triunghiulare sau de con turtit, culcat pe diafragmă. Axul inimii este oblic dirijat în jos, la stînga și înainte, astfel că 1/3 din inimă este situată la dreapta și 2/3 la stînga planului mediosagital al corpului. Greutatea inimii este de 250—300 g iar volumul este asemănător pumnului drept. Prezintă o față convexă, sternocostală și o față plană, diafragmatică. Cele două fețe se unesc printr-o margine mai ascuțită — marginea dreaptă. Marginea stîngă, rotunjită, se prezintă ca o adevărată față — fața pulmonară. Vîrful inimii, orientat în jos și spre stînga, este situat în spațiul V intercostal stîng, unde acest spațiu este intersectat de linia medioclaviculară stîngă. Baza inimii privește înapoi și la dreapta; de la nivelul ei pleacă arterele mari ale inimii (aorta și trunchiul pulmonar) și sosesc venele mari (cele două vene cave și cele patru vene pulmonare). La baza inimii se află atriile iar spre vîrf, ventriculele.

Pe fața sternocostală, între cele două ventricule, se află șanțul interventricular anterior iar pe fața diafragmatică, șanțul interventricular posterior. Între atrii și ventricule se găsesc șanțurile coronare stîng și respectiv drept. În aceste patru șanțuri se găsesc arterele și venele inimii (fig. 122).

Cavitățile inimii

Atriile au formă aproximativ cubică, capacitate mai mică decît a ventriculilor, pereți mai subțiri și prezintă cîte o prelungire numită urechiușe. La nivelul atriului drept se găsesc cinci orificii: orificiul venei cave superioare, orificiul venei cave inferioare, prevăzut cu valvula Eustachio, orificiul sinusului coronar, prevăzut cu valvula Thebesius, orificiul urechiușei drepte și orificiul atrioventricular drept, prevăzut cu valvula tricuspidă; acesta din urmă proemina ca o pîlnie în ventricul. La nivelul atriului drept se disting două porțiuni: una, între cele două vene cave, numită porțiunea sinusală (sinusul cardiac, la începutul dezvoltării este o cameră distinctă de atrii, dar foarte timpuriu este încorporată în atriul drept); cea de a doua porțiune este atriul drept propriu-zis, care prezintă o musculatură specială (mușchi pectinați). Între porțiunea sinusală și atriul propriu-zis se află creasta terminală de la care pornesc mușchii pectinați. La nivelul atriu-

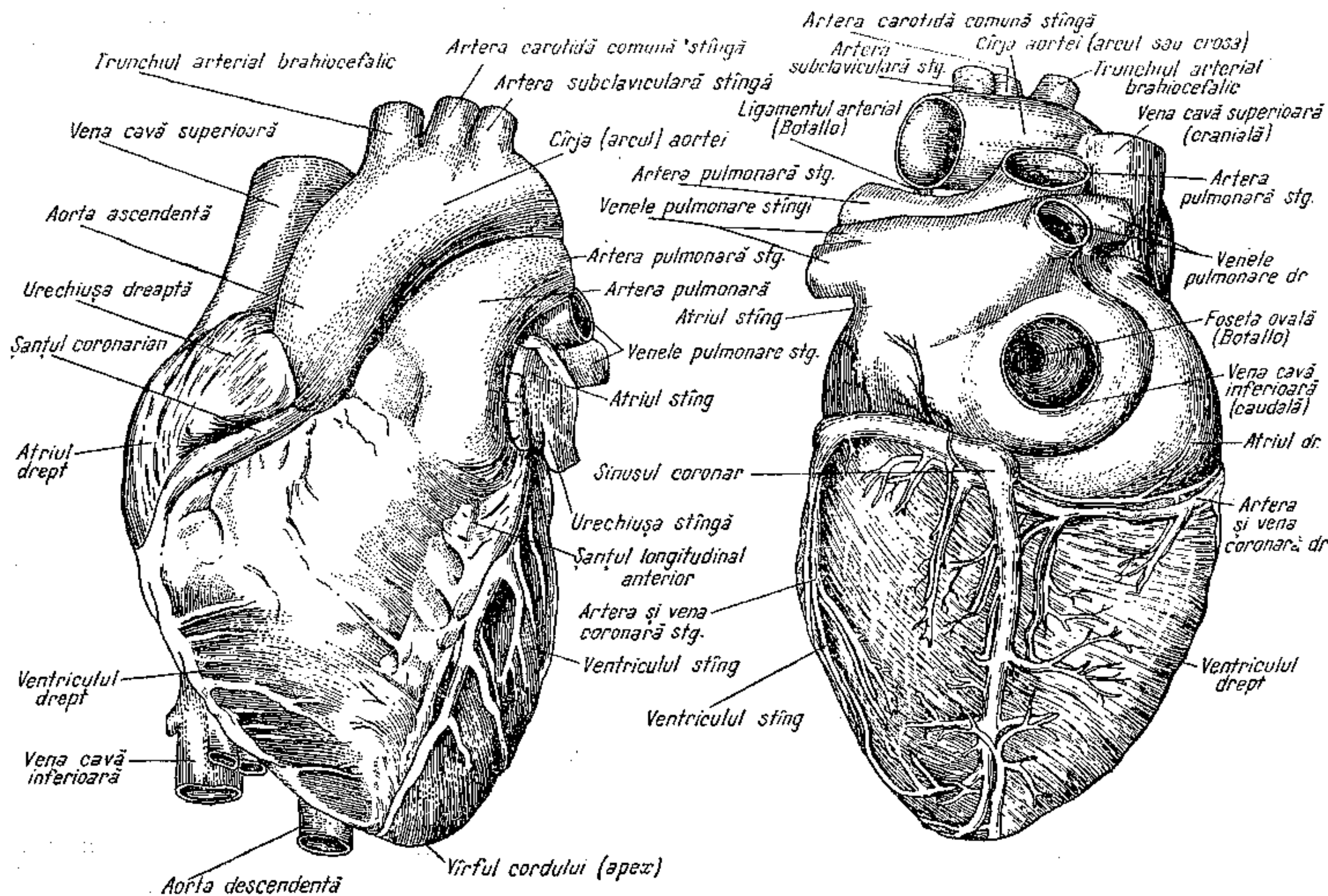


Fig. 122. Cordul (vedere anterioară şi posterioară).

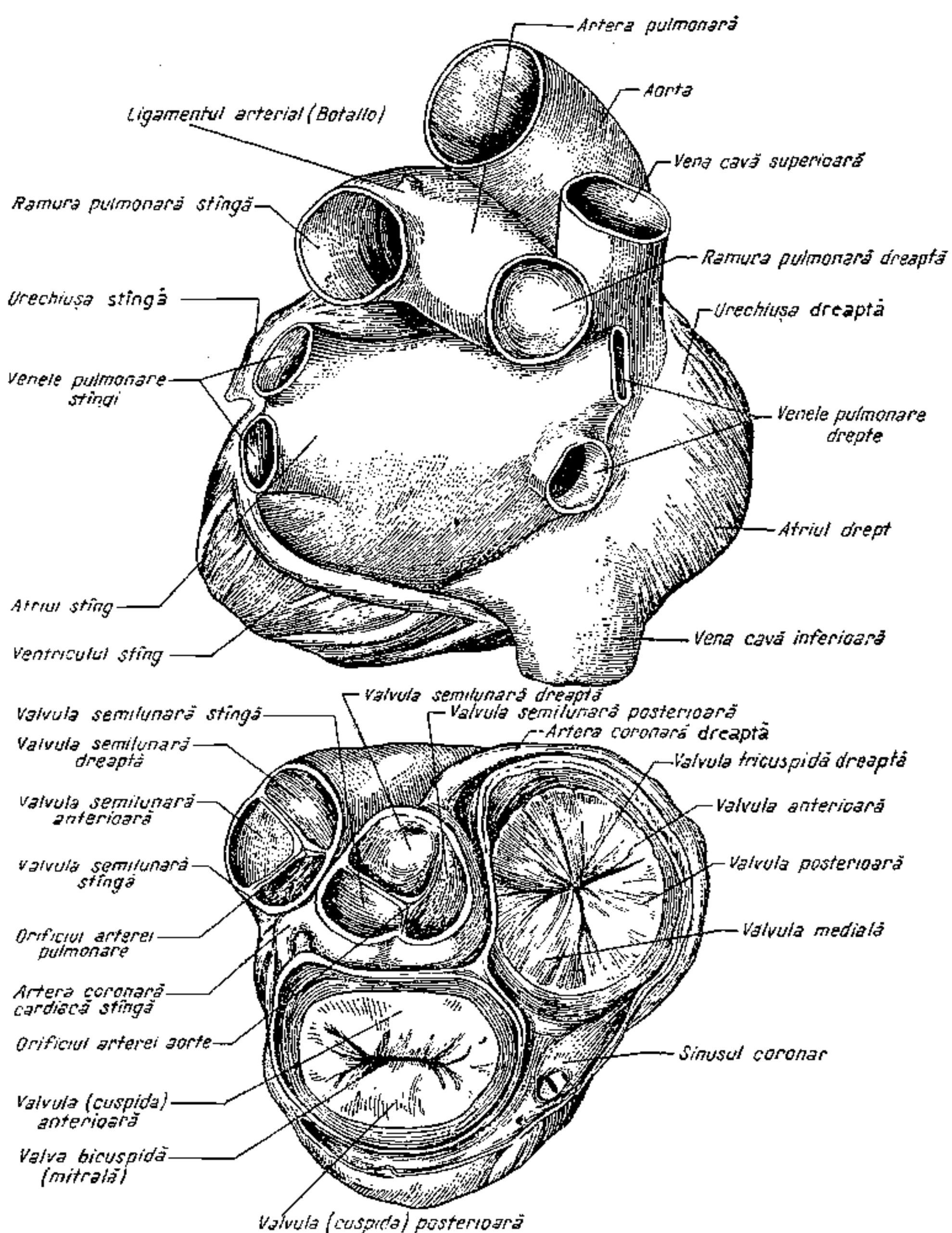


Fig. 123. Vasele mari de la baza cordului și planul orificial al cordului.

lui stîng sînt 4 orificii de deschidere ale venelor pulmonare, orificiul de deschidere al urechiușei stîngi și orificiul atrio-ventricular prevăzut cu valvula bicuspidă (fig. 123). Cele două atrii sînt separate prin septul interatrial. La nivelul acestuia, în viața intrauterină există orificiul Botallo, prin care cele două atrii comunică între ele. După naștere, acest orificiu se închide prin apariția fosei ovale, înconjurată de un relief muscular numit limbul fosei ovale.

Ventriculele au o formă piramidală triunghiulară, cu baza spre orificiul atrioventricular. Pereții lor nu sînt netezi ci prezintă pe fața internă niște trabecule cărnoase. Trabeculele sînt de trei categorii:

— de ordinul I — mușchii papilari, de formă conică, prin baza lor aderînd de pereții ventriculilor, iar vîrful oferind inserție cordajelor tendinoase care se prind pe valvulele atrioventriculare. Cordajele tendinoase împiedică împingerea valvulelor spre atrii în timpul sistolei ventriculare. Există trei mușchi papilari în ventriculul drept și numai doi în ventriculul stîng.

— de ordinul II — care se inseră prin ambele capete pe pereții ventriculari;

— de ordinul III — care aderă pe toată întinderea lor de pereții ventriculari, făcînd relief în interiorul ventriculilor.

La baza ventriculilor se află orificiile atrioventriculare (drept și stîng), fiecare prevăzut cu valvula atrioventriculară respectivă, cît și orificiile arteriale prin care ventriculul stîng comunică cu aorta, iar cel drept cu trunchiul pulmonar. Fiecare orificiu arterial este prevăzut cu 3 valvule semilunare sau sigmoide, care au aspect de cuib de rîndunică cu concavitate superior. În jurul orificiilor atrioventriculare și arteriale există inele fibroase.

Cele două ventricule sînt separate prin septul interventricular care este în parte membranos, dar în cea mai mare parte musculos. Partea membranoasă mai mică, este îndreptată spre atrii (fig. 124).

Structura inimii

Din punct de vedere structural, inima este alcătuită din trei tunici care, de la exterior spre interior, sînt: epicardul, miocardul și endocardul.

Epicardul este foița viscerală a pericardului seros și acoperă complet exteriorul inimii.

Miocardul cuprinde miocardul adult — contractil (de execuție) și miocardul embrionar, de comandă (țesutul nodal).

Miocardul adult este un mușchi striat din punct de vedere morfologic, dar are proprietățile mușchiului neted din punct de vedere funcțional (contracții automate și involuntare). El formează mușchi separați pentru atrii — care sînt mai subțiri și cu fibre circulare și mușchi separați pentru ventricule, mai groși și cu fibre oblic spiralate.

Mușchii atriilor și ventriculilor se inseră pe inelele fibroase din jurul orificiilor atrioventriculare și arteriale, cît și pe porțiunea membranoasă a septului interventricular.

Musculatura atriilor este complet separată de musculatura ventriculilor, legătura anatomică și funcțională fiind realizată de țesutul embrionar, alcătuit dintr-o musculatură specifică, care păstrează caracterele embrionare. Morfologic, țesutul nodal se deosebește de cel de execuție prin aranjamentul neregulat al miofibrilelor care trec de la o celulă la alta, formînd rețele și prin abundența sarcoplasmei bogată în glicogen.

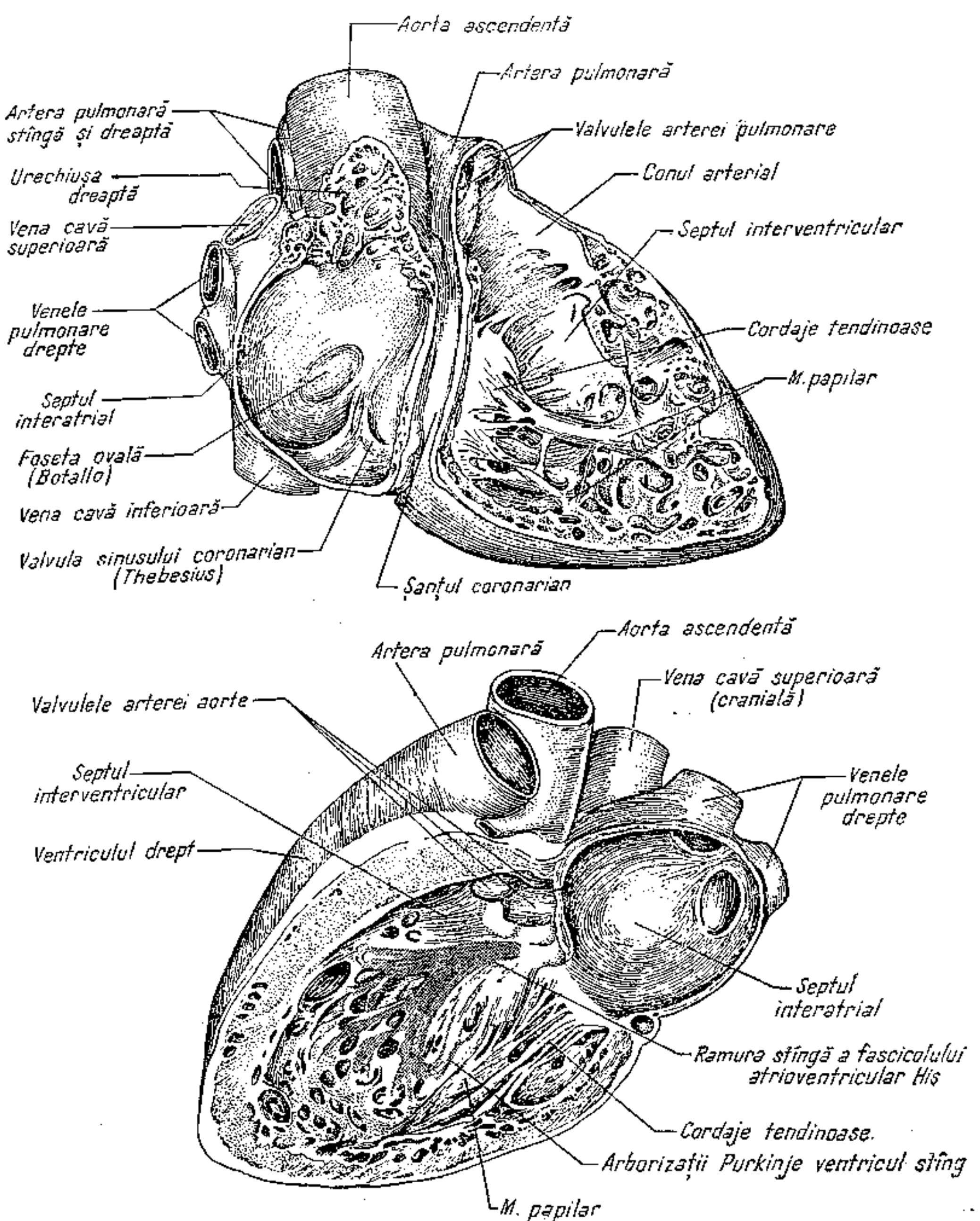


Fig. 124. Hemicordul drept și stîng (deschise).

Țesutul nodal cuprinde:

— nodulul sinoatrial Keith-Flack — în atriul drept, în vecinătatea vărsării venei cave superioare;

— nodulul atrioventricular Aschoff-Tawarra — situat deasupra orificiului atrioventricular drept;

— fasciculul atrioventricular Hiss — care pleacă din nodulul atrioventricular și se găsește la nivelul porțiunii membranoase a septului interventricular. Deasupra porțiunii musculare a septului interventricular, fasciculul atrioventricular se împarte în două ramuri — una stîngă, alta dreaptă, care coboară în ventriculul respectiv. Cele două ramuri se ramifică formînd rețeaua subendocardică Purkinje.

Endocardul. Încăperile inimii sînt căptușite de o foiță endotelială numită endocard. El trece fără întrerupere de la atrii spre ventricule, acoperind și valvulele, cordajele tendinoase și mușchii papilari. Endocardul de la nivelul atriilor se continuă cu intima venelor, iar de la nivelul ventriculilor, cu intima arterelor.

Vascularizația și inervația inimii. Inima este irigată de cele două artere coronare (stîngă și dreaptă), cu originea în aorta ascendentă. Coronara stîngă, după un scurt traiect, se împarte în două ramuri: una, numită interventriculara anterioară coboară în șanțul interventricular anterior, cealaltă artera circumflexă, străbate șanțul coronar stîng. Artera coronară dreaptă se angajează în șanțul coronar drept și apoi coboară prin șanțul interventricular posterior. Din arterele coronare se desprind ramuri colaterale care sînt de tip terminal, irigînd anumite teritorii din miocard și neanastomozîndu-se cu ramurile colaterale vecine. Dacă una din aceste colaterale se astupă printr-un spasm prelungit sau printr-un cheag de sînge (embolus), teritoriul respectiv nu mai primește substanțe nutritive și O_2, se necrozează și apare infarctul.

Sîngele venos al inimii este colectat de venele inimii, și anume: vena mare a inimii care urcă prin șanțul interventricular anterior, vena mijlocie a inimii care urcă prin șanțul interventricular posterior și vena mică a inimii, care străbate șanțul coronar drept. Sîngele colectat de aceste vene ajunge în final în colectorul venos principal al inimii, sinusul coronar, care se află în șanțul atrioventricular stîng. Sinusul coronar se deschide în atriul drept printr-un orificiu prevăzut cu valvula Thebesius.

Limfa inimii ajunge în ganglionii traheobronsici și mediastinali, după ce au făcut stație în ganglioni intermediari (descriși de Fr. Rainer). Dintre acești ganglioni, unul se găsește pe fața anterioară a aortei ascendente.

Inervația extrinsecă a inimii este asigurată de nervii cardiaci, proveniți din vag și simpatic. Din vag se desprind nervii cardiaci (superiori și inferiori), cît și nervii cardiaci toracali.

Nervii cardiaci simpatici și parasimpatici se împletesc formînd plexul cardiac, situat sub crosa aortei.

Pericardul. La exterior, inima este cuprinsă într-un sac fibros numit pericard fibros.

Pericardul fibros are forma unui trunchi de con, cu baza la diafragmă și vîrful la nivelul vaselor mari de la baza inimii. Fețele laterale vin în raport cu fața mediastinală a plămînilor, fața anterioară cu sternul și coastele, iar fața posterioară, cu organele din mediastinul posterior. El este fixat de organele vecine prin ligamente.

La interiorul pericardului fibros se află pericardul seros, format din două foițe: epicardul, care căptușește suprafața externă a miocardului și una externă, parietală, care tapetează suprafața internă a pericardului fibros. Cele două foițe se continuă una cu cealaltă la nivelul vaselor mari de la baza inimii. Între cele două foițe se află cavitatea pericardiacă virtuală, ce conține o lamă fină de lichid pericardic.

2. ARBORELE VASCULAR

Arborele vascular este format din *artere,* vase prin care sîngele încărcat cu O_2 și substanțe nutritive circulă dinspre inimă spre țesuturi și organe, *capilare,* vase cu calibru foarte mic, interpuse între artere și vene, la nivelul cărora se fac schimburile între sînge și diferitele țesuturi, și din *vene,* prin care sîngele încărcat cu CO_2 este readus la inimă.

Arterele și venele au în structura pereților lor trei tunici suprapuse, care de la exterior spre interior sînt: adventiția, media și intima. Calibrul arterelor scade de la inimă spre periferie, cele mai mici fiind arteriolele, care se continuă cu capilarele.

Structura arterelor

Adventiția este formată din țesut conjunctiv, cu fibre colagene și elastice. În structura adventiției arterelor, ca și la vene, există vase mici de sînge care hrănesc peretele vascular (vasa vasorum) și care pătrund în media. În adventiție se găsesc și fibre nervoase vegetative cu rol vasomotor.

Tunica mijlocie (media) are structură diferită, în funcție de calibrul arterelor. La arterele mari, numite artere de tip elastic, media este formată din lame elastice cu dispoziție concentrică, rare fibre musculare netede și țesut conjunctiv. În arterele mijlocii și mici (arteriole), numite artere de tip muscular, media este groasă și conține numeroase fibre musculare netede, printre care sînt dispersate fibre colagene și elastice.

Tunica internă, intima (endoteliu) este alcătuită dintr-un rînd de celule endoteliale turtite, așezate pe o membrană bazală. Intima se continuă cu endocardul ventriculilor.

La artere, între aceste trei tunici se află două membrane elastice — membrana elastică internă — care separă intima de medie, și membrana elastică externă care separă media de adventiție.

Peretele venelor, al căror calibru crește de la periferie spre inimă, are în structura sa aceleași trei tunici ca și la artere, cu cîteva deosebiri: cele trei tunici nu sînt bine delimitate, deoarece lipsesc cele două membrane elastice; tunica mijlocie a venelor este mai subțire, comparativ cu a arterelor, țesutul muscular neted al venelor fiind mai redus; adventiția este mai groasă. Intima de la nivelul venelor mari (venele cave) se continuă cu endocardul atriilor. În venele situate sub nivelul cordului, unde sîngele circulă în sens opus gravitației, endoteliul acoperă din loc în loc valvule în formă de cuib de rîndunică, care au rolul de a fragmenta și direcționa coloana de sînge.

Capilarele

Sînt vase de calibru mic (4—12 μ), răspîndite în toate țesuturile și organele. În structura lor distingem la exterior un periteliu, apoi o membrană bazală și la interior un endoteliu care este format dintr-un singur rînd de celule turtite. Membrana bazală este bogată în mucopolizaharide și în fibre de reticulină.

Periteliul este format din țesut conjunctiv cu fibre colagene și de reticulină, în care se găsesc și fibre nervoase vegetative.

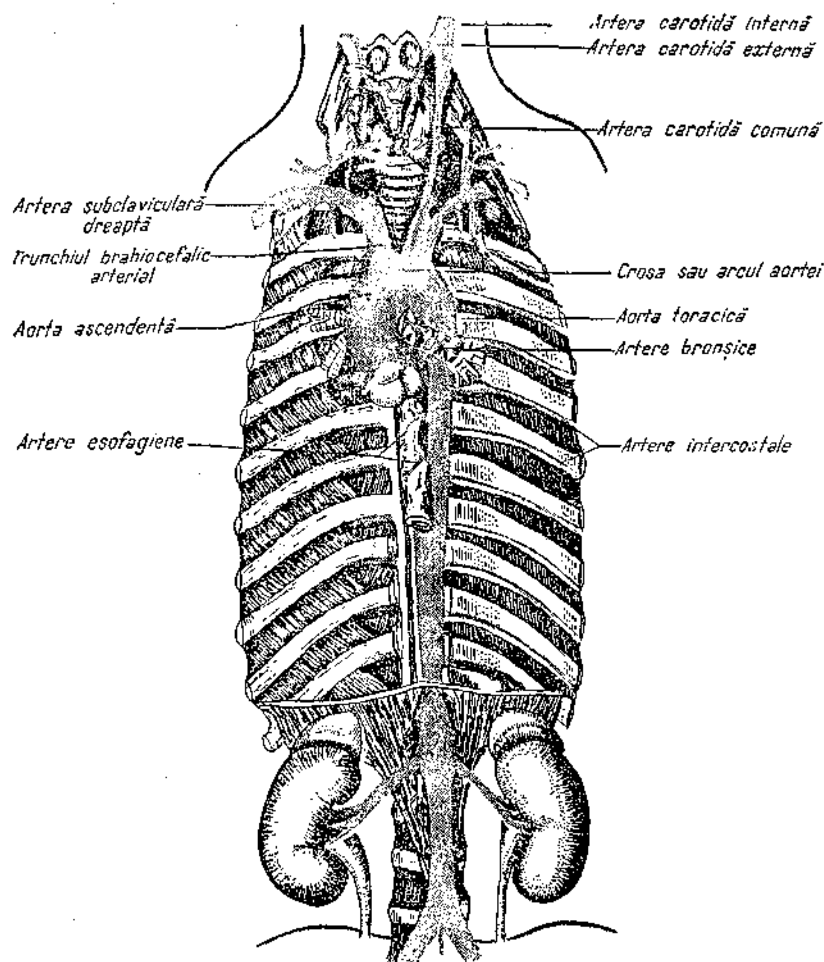


Fig. 125. Sistemul aortic supradiafragmatic.

În ficat şi glandele endocrine există capilare de tip special, numite sinusoide; ele au calibru mai mare (10—30 μ), peretele întrerupt din loc în loc, ceea ce favorizează schimburile, nu au periteliu şi au un lumen neregulat prezentînd dilatări şi strîmtorări.

În alcătuirea arborelui vascular se află două teritorii de circulaţie: circulaţia mare (sistemică) şi circulaţia mică (pulmonară).

— Circulaţia mică începe în ventriculul drept prin trunchiul arterei pulmonare, care transportă spre plămîn sînge cu CO_2. După cîţiva centimetri, trunchiul pulmonar se împarte în cele două artere pulmonare care duc sîngele cu CO_2 spre reţeaua capilară perialveolară unde-l cedează alveolelor care-l elimină prin expiraţie. Sîngele cu O_2 este colectat de venele pulmonare, cîte două pentru fiecare plămîn. Cele patru vene pulmonare sfîrşesc în atriul stîng.

— Circulaţia mare începe în ventriculul stîng prin artera aortă care transportă sîngele cu O_2 şi substanţe nutritive spre ţesuturi şi organe. De la nivelul acestora, sîngele încărcat cu CO_2 este preluat de cele două vene cave (superioară şi inferioară) care-l duc în atriul drept.

Sistemul aortic

Este format din aortă care, prin ramurile ei, irigă toate ţesuturile şi organele corpului omenesc (fig. 125 şi 126).

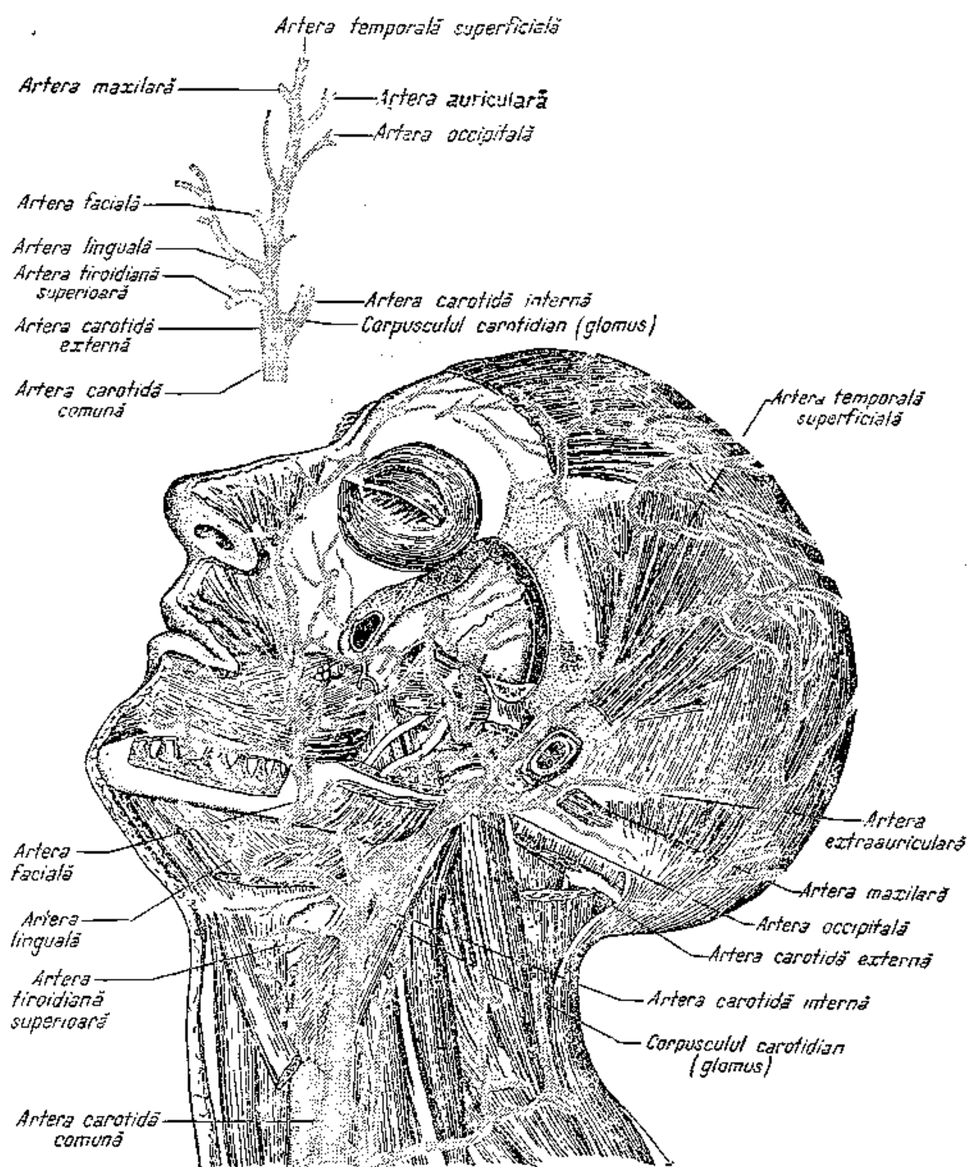


Fig. 126. Artera carotidă externă (ramuri).

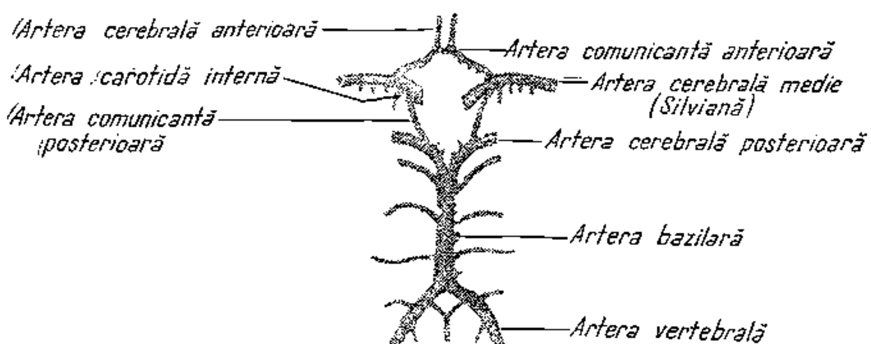


Fig. 127. Artera carotidă internă (vascularizația creierului).

Sistemul arterial

Artera	Ramuri
1	2
Aorta ascendentă, cu originea în ventriculul stîng	*Artera coronară stîngă* și *dreaptă* care irigă inima
Arcul aortic continuă aorta ascendentă	De la dreapta spre stînga dă trei ramuri: *trunchiul arterial brahiocefalic, carotida comună stîngă* și *subclavia stîngă*
Trunchiul arterial brahiocefalic	Se împarte în *artera carotidă comună dreaptă* și *artera subclavie dreaptă.*
Carotida comună dreaptă (cu originea în trunchiul brahiocefalic) și *stîngă* (cu originea în arcul aortei) — figura 126	Se împarte în artera *carotidă externă* și a.c. *internă.* La locul bifurcării există o dilatație numită sinusul carotic
Carotida externă vascularizează fața și gîtul	*Are ramuri colaterale: artera tiroidiană inferioară, artera linguală, artera facială, artera faringiană ascendentă, artera auriculară posterioară* și *artera occipitală,* cît și ramuri terminale: *artera temporală superficială* și *artera maxilară internă*
Carotida internă pătrunde în craniu, unde străbate canalul carotic din stînca temporalului. Participă la vascularizatia encefalului și a orbitei (fig. 127)	Înainte de a se împărți în ramurile sale terminale dă o colaterală importantă — *artera oftalmică,* care pătrunde în orbită, vascularizînd ochiul și anexele lui. Ramurile colaterale sînt: *artera cerebrală anterioară, artera cerebrală medie* și *artera comunicantă posterioară,* care leagă carotida internă de artera cerebrală posterioară, provenită din trunchiul arterei bazilare

1	2
Artera subclavie dreaptă, cu originea în trunchiul brahiocefalic și *stîngă,* cu originea în arcul aortic	Are mai multe ramuri colaterale din care menționăm: *artera vertebrală, artera tiroidiană inferioară, artera intercostală supremă* (care furnizează primele două intercostale posterioare) și *artera toracică internă,* care furnizează arterele intercostale anterioare. Artera vertebrală pătrunde în craniu, se unește cu opusa sa și formează *trunchiul arterei bazilare:* acesta se împarte în cele două *artere cerebrale posterioare* care participă la vascularizarea encefalului. Din artera bazilară se desprind și ramuri pentru cerebel și trunchiul cerebral
Artera axilară continuă artera subclavie și prin ramurile ei vascularizează pereții axilei	Se continuă cu *artera humerală* care merge de-a lungul brațului
Artera brahială continuă artera axilară pînă la plica cotului	— *Artera radială* — *Artera ulnară*
Artera radială și *ulnară*	La nivelul labei mîinii formează cele *două arcade palmare* — superficială și profundă, care dau ramuri pentru palmă și degete (arterele digitale comune și proprii)
Aorta descendentă continuă arcul aortei și are un segment toracal și unul abdominal	Ambele porțiuni ale aortei descendente dau ramuri parietale și ramuri viscerale
Aorta descendentă toracică	Ramuri parietale: *arterele intercostale posterioare* (de la a 3-a pînă la a 12-a) și *arterele dia-*

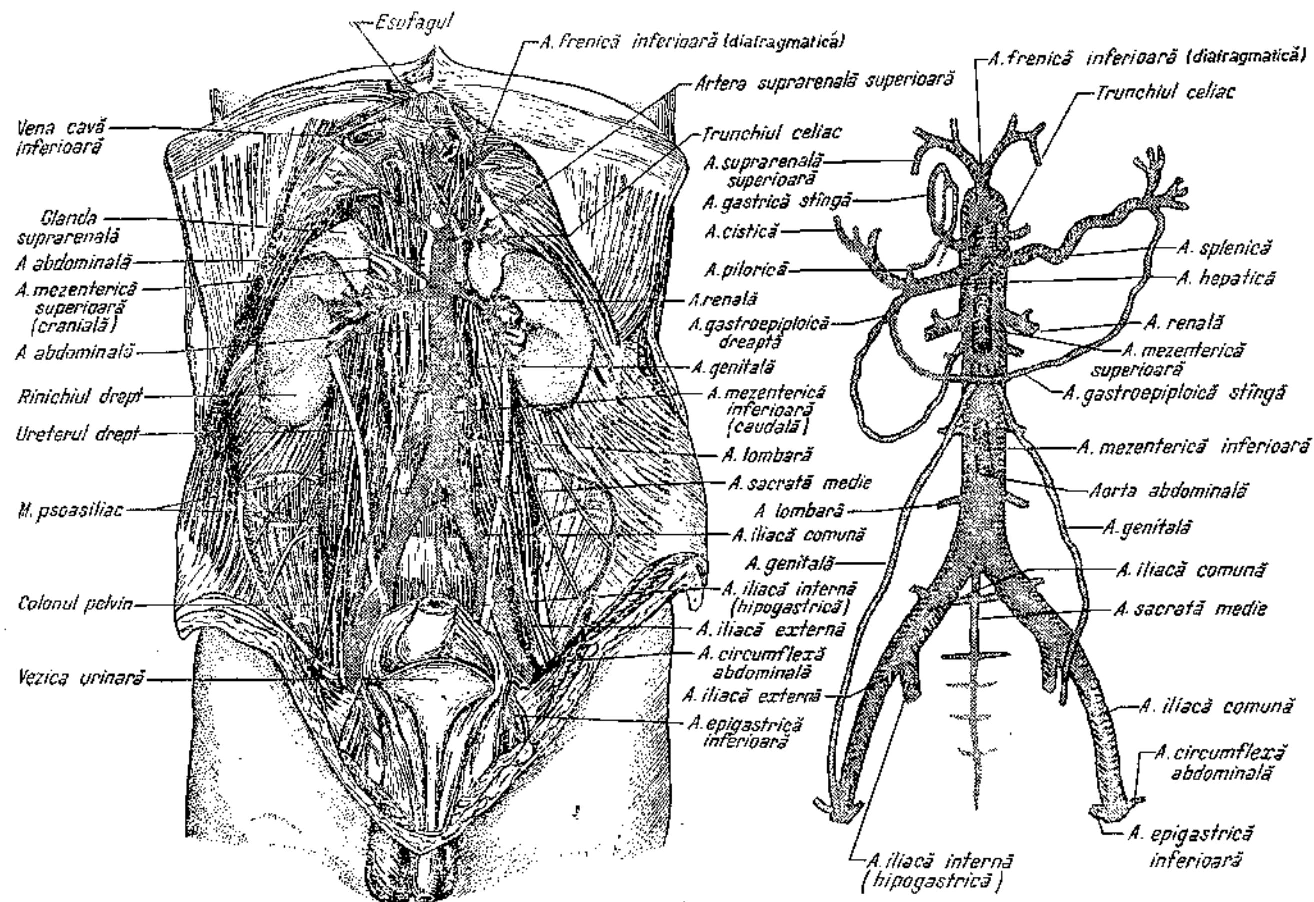


Fig. 128. Sistemul aortic subdiafragmatic.

1	2
	fragmatice superioare, pentru diafragmă. Ramurile viscerale sînt: *arterele bronșice, arterele pericardice* și *arterele esofagiene*
Artera descendentă abdominală (fig. 128).	Ramuri parietale: *arterele diafragmatice inferioare* și *arterele lombare* Ramuri viscerale: 1. *Trunchiul celiac,* care după un scurt traiect, se împarte în *artera hepatică, artera gastrică stîngă* și *artera splenică.* 2. *Artera mezenterică superioară,* irigă jejunoileonul, cecul, apendicele, colonul ascendent și 1/2 dreaptă a colonului transvers. 3. *Artera suprarenală stîngă* și *dreaptă* irigă glanda suprarenală respectivă. 4. *Artera renală stîngă* și *dreaptă,* irigă rinichiul respectiv. 5. *Artera testiculară* (ovariană) *stîngă și dreaptă* irigă testiculele și respectiv ovarele. 6. *Artera mezenterică inferioară* irigă 1/2 stîngă a colonului transvers, colonul descendent, colonul sigmoid și 1/3 superioară a rectului prin *artera rectală superioară* (ramură a arterei mezenterice inferioare). La nivelul vertebrei L_{1-5}, aorta descendentă se împarte în cele două ramuri terminale ale sale: *artera iliacă comună stîngă* și *dreaptă*
Artera iliacă comună (stîngă și dreaptă)	Se împarte în artera iliacă externă și iliaca internă (artera hipogastrică)

1	2
Artera iliacă internă irigă pereții și viscerele din pelvis	Ramuri parietale: *artera sacrată laterală, artera ileolombară, artera fesieră superioară, artera fesieră inferioară* și *artera obturatorie* Ramuri viscerale: a) comune la bărbat și femeie: *artera vezicală inferioară, artera rectală medială* și *artera rușinoasă internă,* din care se desprind artera rectală inferioară cît și ramuri pentru organele genitale b) diferite la femeie și bărbat — la femeie: *artera uterină* și *vaginală;* — la bărbat: *artera prostatică* și *veziculo-deferențială* (pentru canalul deferent și vezicula seminală) c) cu comportare specială — *artera ombilicală;* este permeabilă la făt. După naștere se obliterează și furnizează, din prima ei porțiune, *artera vezicală superioară* (pentru vezica urinară)
Artera iliacă externă părăsește pelvisul și ajunge la coapsă	*Artera femurală* care continuă artera iliacă externă
Artera femurală	*Artera poplitee,* care continuă artera femurală
Artera poplitee	— *Artera tibială anterioară* — *Artera tibială posterioară*
Artera tibială anterioară	Formează arcada dorsală a piciorului

1	2
Artera tibială posterioară	— *Plantara internă* — *Plantara externă* Acestea se unesc și formează *arcada plantară,* din care se desprind arterele digitale comune și proprii

Sistemul venos

Sistemul venos al marii circulații este reprezentat de două vene mari: vena cavă superioară și vena cavă inferioară.

Vena cavă superioară

Strînge sîngele venos de la creier, cap, gît prin venele jugulare interne, de la membrele superioare prin venele subclaviculare și de la torace prin sistemul azygos. De fiecare parte, prin unirea venei jugulare internă cu vena subclavie ia naștere vena brahiocefalică stîngă și dreaptă, iar prin fuzionarea acestora se formează vena cavă superioară. Vena brahiocefalică dreaptă este aproape verticală, în timp ce vena brahiocefalică stîngă e mai mult orizontală.

Vena jugulară internă se formează în interiorul craniului, colectînd sîngele venos al sinusurilor (vase situate în grosimea septurilor dureimater encefalice).

Vena subclavie continuă vena axilară care strînge sîngele venos de la nivelul membrelor superioare.

Sîngele venos al membrelor superioare este colectat de două sisteme venoase, unul profund și altul superficial.

Venele profunde poartă aceeași denumire cu arterele pe care le însoțesc. De regulă, arterele mici și mijlocii sînt însoțite de cîte două vene iar arterele mari (artera axilară) numai de o singură venă.

Venele superficiale (subcutanate) se găsesc imediat sub piele și se pot vedea cu ochiul liber prin transparență, datorită colorației albastre. Ele nu însoțesc arterele și se varsă în venele profunde. La nivelul lor se fac injecții venoase. Dintre venele superficiale menționăm vena cefalică, care merge pe fața externă a brațului și se termină în vena axilară, și vena bazilică, pe fața internă a brațului și se termină într-una din cele două vene brahiale.

În vena cavă superioară se termină sistemul venelor azygos, format din marea venă azygos, situată la dreapta coloanei vertebrale și mica venă azygos, situată la stînga coloanei vertebrale. Mica venă azygos se deschide în marea venă azygos, la nivelul vertebrei T_7. În sistemul azygos se termină venele intercostale, diafragmatice superioare, bronșice, pericardice și esofagiene. Înainte de a se termina în vena cavă superioară, marea venă azygos descrie o crosă care încalecă pediculul pulmonar drept (crosa marei vene azygos).

Vena cavă inferioară

Adună sîngele venos de la membrele inferioare, de la pereții și viscerele din bazin, de la rinichi, suprarenale, testicule (respectiv ovare), de la peretele posterior al abdomenului (venele lombare), de la diafragmă (venele diafragmatice inferioare), cît și de la ficat (venele hepatice). Vena cavă inferioară se formează prin unirea venei iliace comune stîngi cu cea dreaptă. La rîndul ei, fiecare venă iliacă comună este formată prin unirea venei iliace externe cu vena iliacă internă. Vena iliacă internă colectează sîngele de la pereții și viscerele din bazin. Ca și la artera omonimă, și în cazul venei iliace interne distingem *vene parietale* (vena sacrală laterală, vena ileolombară, vena fesieră superioară, vena fesieră inferioară și vena obturatorie) și *vene viscerale* care sînt *comune* la bărbat și femeie (vena vezicală, rectală medie și vena rușinoasă internă) și *diferite,* la bărbat (vena prostatică, vena veziculo-deferențială) și la femeie (vena uterină și vena vaginală).

Vena iliacă externă continuă vena femurală care strînge sîngele venos de la nivelul membrului inferior. Ca și la membrul superior, se disting vene superficiale și v. profunde (cu aceleași caractere), dar cu mențiunea că la membrul inferior există două vene unice — vena poplitee și vena femurală, față de membrul superior unde unică este numai vena axilară.

Dintre venele superficiale ale membrului inferior notăm vena safenă mare care urcă pe fața internă a gambei și coapsei și se termină în vena femurală, și vena safenă mică, ce urcă pe fața postero-laterală a gambei și se termină în vena poplitee.

Vena cavă inferioară, formată prin unirea celor două vene iliace comune, urcă la dreapta coloanei vertebrale, străbate diafragmul și se termină în atriul drept printr-un orificiu prevăzut cu valvula Eustachio. În traiectul ei abdominal, ea primește afluenți: venele renale, venele suprarenale, venele testiculare (respectiv ovariene), venele lombare, venele diafragmatice inferioare și venele hepatice (2—3).

O venă aparte a marei circulații este vena portă, care începe prin capilare în pereții tubului digestiv subdiafragmatic și sfîrșește prin capilare în ficat (sinusoide hepatice). Vena portă transportă spre ficat sînge încărcat cu substanțe nutritive rezultate în urma absorbției intestinale. Ea se formează înapoia colului pancreasului, din unirea venei mezenterice superioare cu trunchiul mezenterico-splenic, rezultat din unirea venei mezenterice inferioare cu vena splenică (fig. 129).

Vena mezenterică superioară strînge sîngele de la jejunoileon, cec, apendice, colon ascendent și 1/2 dreaptă a colonului transvers. Vena mezenterică superioară strînge sîngele de la 1/2 stîngă a colonului transvers, de la colonul descendent, de la colonul sigmoid și de la 1/3 superioară a rectului. Vena splenică strînge sîngele de la splină și pancreas.

Vena portă prezintă anastomoze atît cu vena cavă superioară, cît și cu vena cavă inferioară. Anastomoza cu vena cavă superioară are loc la nivelul esofagului. Anastomoza cu vena cavă inferioară are loc la nivelul rectului. Atunci cînd apar obstacole în circulația sîngelui prin vena portă spre ficat (ciroze), sîngele din vena portă este

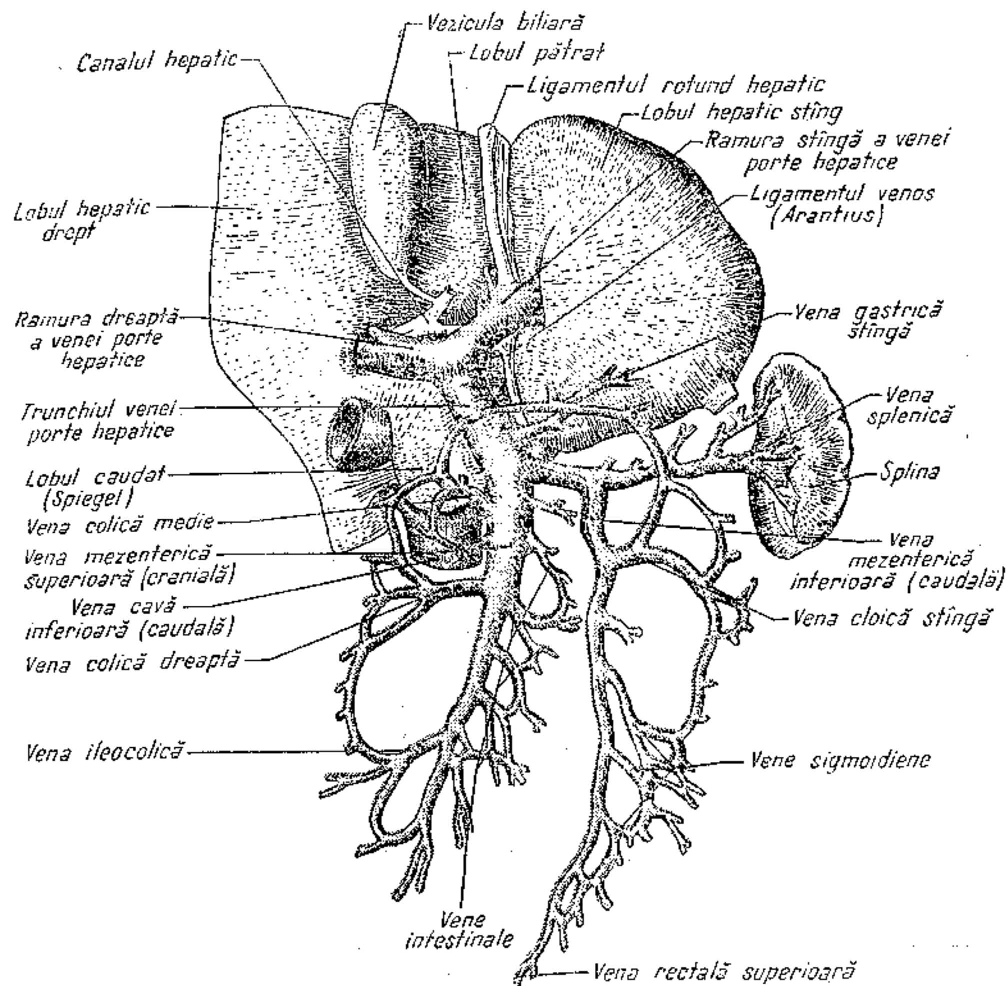


Fig. 129. Sistemul venos port.

deviat spre locul celor două anastomoze portocave și constatăm dilatația venelor esofagului (varice) și ale rectului (hemoroizi).

3. SISTEMUL LIMFATIC

Prin sistemul limfatic circulă limfa, care face parte din mediul intern al organismului și care, în final, ajunge în circulația venoasă. Limfa, ca și lichidul interstițial, are o compoziție asemănătoare cu a plasmei sangvine, cu mențiunea existenței unui procent mai mic de proteine față de plasma sangvină.

Sistemul limfatic se deosebește de sistemul circulator sangvin, prin două caractere:

— este adaptat la funcția de drenare a țesuturilor, din care cauză capilarele sale formează rețele terminale, spre deosebire de capilarele sangvine care ocupă o poziție intermediară între sistemul arterial și cel venos. Pe lîngă aceasta, capilarele limfatice sînt mai sinuoase și foarte neregulate;

— pereții vaselor limfatice sînt mai subțiri decît ai vaselor sangvine.

Sistemul limfatic începe cu capilarele limfatice, care au capătul de origine în „fund de sac". Ele depășesc, ca

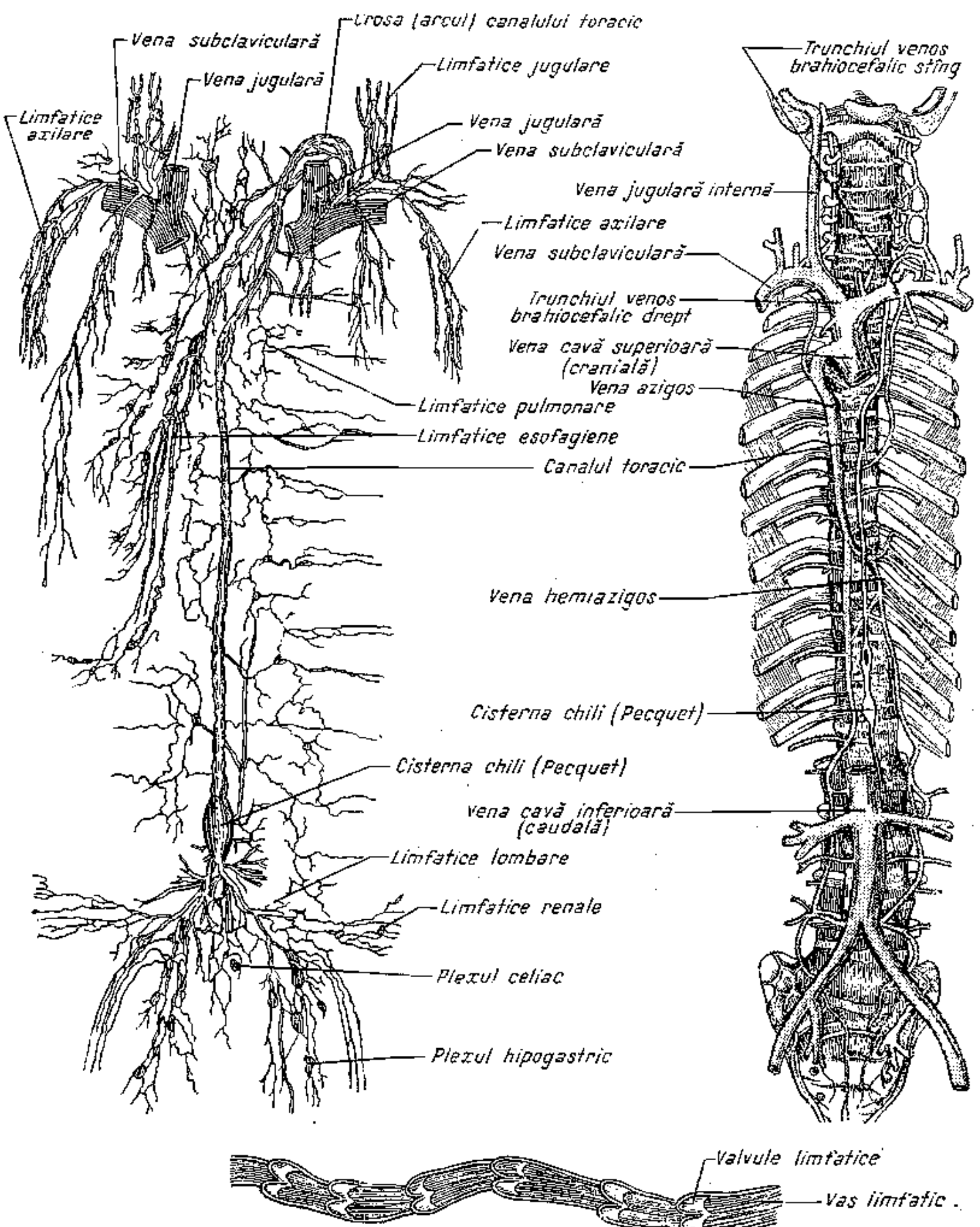


Fig. 130. Sistemul limfatic şi venos azygos.

diametru, capilarele sangvine, prezentînd pe traiectul lor strîmtorări și dilatări (calibru neuniform).

Au aceeași structură ca și capilarele sangvine, celulele endoteliale fiind mai turtite.

Capilarele limfatice sînt foarte răspîndite, ele găsindu-se în toate organele și țesuturile. Prin confluența capilarelor limfatice se formează vase limfatice, care sînt prevăzute la interior cu valvule semilunare ce înlesnesc circulația limfei. Pereții vaselor limfatice au o structură asemănătoare venelor, prezentînd, ca și acestea din urmă, cele trei tunici care sînt mai subțiri, și ca și la vene, nu sînt net delimitate între ele (fig. 130).

Pe traseul vaselor limfatice și mai ales la locul unor confluențe ale acestora, se găsesc o serie de formațiuni caracteristice numite ganglioni limfatici, prin care limfa trece în mod obligatoriu.

Ganglionii limfatici au forme variate, cu dimensiuni medii de 2—5 mm, putînd ajunge și la 1—2 cm. În mod normal au o consistență relativ moale, dar cînd sînt inflamați se măresc, devin duri și dureroși la apăsare (hipertrofie ganglionară).

Structura ganglionilor

La exterior, ganglionii sînt înveliți într-o capsulă fibroasă, din care pătrund spre interior septuri conjunctivo-vasculare, ce delimitează o serie de loji în care este cuprins parenchimul glandular care are o zonă *corticală* și o zonă *medulară*.

În corticală, unde septurile sînt mai rare, se află *foliculii limfatici*, formați din aglomerări de limfocite. În medulară, țesutul limfoid se dispune sub formă de *cordoane foliculare*, anastomozate între ele. Atît în medulară cît și în corticală se află o serie de spații numite sinusuri, în care se deschid vasele limfatice aferente ale ganglionilor. Aceste vase pătrund în ganglion, străbătînd capsula fibroasă de la periferia acestuia.

Vasele limfatice eferente ies din ganglion prin hilul acestuia, prin care pătrund și vasele nutritive ale ganglionului.

Ganglionii limfatici realizează mai multe funcții: produc limfocite și monocite, formează anticorpi, au rol în circulația limfei, opresc pătrunderea unor substanțe străine (la persoanele tatuate ganglionii regionali sînt colorați deoarece au reținut substanța cu care s-a făcut tatuajul), au rol de barieră în întinderea infecțiilor (în cazul unor infecții, ganglionii regionali sînt hipertrofiați).

Limfa colectată din diferitele țesuturi și organe, după ce a străbătut ganglionii regionali unde s-a îmbogățit cu limfocite și monocite, circulă prin vasele eferente ale ganglionilor spre trunchiurile limfatice mari. Aceste trunchiuri limfatice mari sînt:

1. trunchiul jugular (stîng și drept), colectează limfa de la cap și gît;
2. trunchiul subclavicular (stîng și drept), colectează limfa de la membrul superior, peretele anterior al toracelui și de la glanda mamară;
3. trunchiul bronho-mediastinal (stîng și drept), colectează limfa de la pereții și viscerele din torace;
4. trunchiul lombar (stîng și drept), colectează limfa membrului inferior, de la pereții și viscerele din pelvis;
5. trunchiul intestinal (unic), colectează limfa de la ganglionii mezenterici și colici.

Toate aceste trunchiuri ajung în final în cele două colectoare limfatice mari — canalul toracic și vena limfatică dreaptă.

Canalul toracic

Este cel mai mare colector limfatic și începe printr-o dilatație numită cisternă chyli (cisterna Pecquet), situată

înaintea vertebrei L_2. Urcă anterior de coloana vertebrală, înapoia aortei, străbate diafragma și pătrunde în torace unde, inițial, este situat în mediastinul posterior. Ajuns la nivelul vertebrei T_4, se îndreaptă spre stînga și înainte — pentru a se deschide în unghiul venos, format din unirea venei jugulare interne din stînga cu vena subclaviculară stîngă (unghiul Pirogoff). În ultima sa porțiune se află în mediastinul superior. Canalul toracic are o lungime de 25—30 cm și un calibru de 2—3 mm, fiind prevăzut cu valvule complete la interior. Canalul toracic strînge limfa din 1/4 inferioară stîngă și dreaptă, și din 1/4 superioară stîngă, primind ca afluenți trunchiurile lombare (stîng și drept), trunchiul intestinal și trunchiurile jugular, subclavicular și bronhomediastinal din partea stîngă.

Vena limfatică dreaptă

Are o lungime de 1—2 cm și colectează trunchiurile jugular, subclavicular și bronhomediastinal din partea dreaptă. Se deschide în locul de unire dintre vena jugulară internă din dreapta cu vena subclaviculară dreaptă.

XXIII. FIZIOLOGIA APARATULUI CARDIOVASCULAR

1. FIZIOLOGIA INIMII

Inima are o singură funcție: aceea de pompă ritmică. Începînd cu luna a IV-a a vieții intrauterine, inima bate neîncetat, pînă la sfîrșitul vieții. Activitatea de pompă a inimii se datorește proprietăților sale.

Proprietățile funcționale ale miocardului

Mușchiul cardiac prezintă o proprietate caracteristică — automatismul și trei proprietăți comune cu ale mușchilor striați scheletici: excitabilitatea, conductibilitatea și contractilitatea.

EXCITABILITATEA reprezintă proprietatea fibrei musculare cardiace de a răspunde la stimuli printr-un potențial de acțiune (P.A.). Unele manifestări ale excitabilității (pragul de excitabilitate, legea „tot sau nimic") sînt comune cu ale altor celule excitabile (musculare striate și netede, nervoase, glandulare). Inima prezintă particularitatea de a fi excitabilă numai în faza de relaxare (diastolă) și inexcitabilă în faza de contracție (sistolă). Aceasta reprezintă *legea inexcitabilității periodice* a inimii (vezi lucrarea practică). În timpul sistolei, inima se află în *stare refractară absolută;* oricît de puternic ar fi stimulul, el rămîne fără efect. Această particularitate a excitabilității miocardice prezintă o mare importanță pentru conservarea funcției de pompă ritmică. Stimulii cu frecvență mare nu pot tetaniza inima prin sumația contracțiilor. Răspunzînd primului stimul, inima intră în sistolă și devine refractară la stimulii următori, pînă în faza de diastolă. Explicația stării refractare a inimii rezidă în forma particulară a potențialului de acțiune al fibrei miocardice. Acesta prezintă un *platou de depolarizare* cu durata de 200—300 milisecunde, ce coincide cu durata sistolei mecanice.

Pragul de excitabilitate al inimii reprezintă intensitatea minimă necesară unui stimul pentru a o excita. Stimulii sub prag, *subliminari,* nu excită iar stimulii peste prag, *supraliminari (maximali),* dau un răspuns identic cu al stimulului prag. Aceasta reprezintă *legea „tot sau nimic"*.

AUTOMATISMUL reprezintă proprietatea inimii de a se autoexcita. Scoasă din corp, inima continuă să bată.

În lipsa influențelor extrinseci nervoase, vegetative și umorale, inima își continuă activitatea ritmică timp de ore sau zile, dacă este irigată cu un lichid nutritiv special. Ritmicitatea inimii este datorată celulelor musculare din miocardul embrionar care alcătuiesc *țesutul nodal* sau *sistemul excito-conductor* cardiac. Mecanismul intim al genezei stimulilor ritmic nu este pe deplin elucidat. În celulele nodale automate s-au evidențiat modificări metabolice ciclice care produc variații ciclice ale proprietăților membranelor celulare, al căror potențial de repaus diminuă periodic (autodepolarizare) pînă la nivelul pragului de excitabilitate. În acest moment, spontan, se declanșează un potențial de acțiune care se propagă în tot restul inimii, activînd-o. După trecerea undei de depolarizare, toate fibrele miocardice se repolarizează. În centrele de automatism, procesele de autodepolarizare se reiau ș.a.m.d. Aceste fenomene biofizice intime se produc în trei centre de automatism cardiac:

a. *Nodulul sino-atrial.* La acest nivel frecvența descărcărilor este cea mai rapidă, 70—80 pe minut și, din această cauză, activitatea cardiacă este condusă de acest nodul. În mod normal inima bate în ritm sinusal.

b. *Nodulul atrio-ventricular,* denumit și joncțiunea atrio-ventriculară. La acest nivel, frecvența descărcărilor este de 40 potențiale de acțiune pe minut. De aceea, acest centru nu se poate manifesta în mod normal. Dacă centrul sinusal este scos din funcție, comanda inimii este preluată de nodulul atrio-ventricular care imprimă *ritmul nodal* sau *joncțional.*

c. *Fasciculul His și rețeaua Purkinje.* Aici, frecvența de descărcare este de 25 impulsuri pe minut. Acest centru poate comanda inima numai în cazul întreruperii conducerii atrio-ventriculare (bloc atrio-ventricular de gradul III), imprimînd *ritmul idio-ventricular.*

Ritmul funcțional al centrului de comandă poate fi modificat sub acțiunea unor factori externi. Căldura, excitarea sistemului vegetativ simpatic, adrenalina și noradrenalina, accelerează ritmul inimii (tahicardie), în timp ce răcirea nodului sinusal, excitarea parasimpaticului, și acetilcolina, răresc bătăile cardiace (bradicardie).

De asemenea, automatismul este influențat și de concentrațiile plasmatice ale ionilor de sodiu, potasiu și calciu.

CONDUCTIBILITATEA este proprietatea miocardului de a propaga excitația la toate fibrele sale. Deși toate fibrele miocardice conduc stimulul de contracție, totuși vitezele de conducere diferă: cele mai mari viteze de conducere le au fasciculul His și rețeaua Purkinje (5 m/s); cele mai mici viteze le întîlnim la nivelul nodulului atrio-ventricular (0,2 m/s); musculatura atrială și ventriculară conduc cu viteze intermediare (1 m/s).

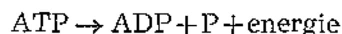
Din momentul descărcării nodulului sinusal și pînă la completa invadare a atriilor și ventriculilor de către stimul, trec 0,22 s. Mai întîi stimulul se propagă de la nodulul sinusal la atrii, pe care le activează în 0,10 s provocînd sistola atrială. Urmează o întîrziere de 0,04 s, corespunzătoare propagării mai lente a stimulului prin nodulul atrio-ventricular. În continuare, unda de depolarizare se propagă de la atrii la ventriculi prin fasciculul His, ramurile sale și rețeaua Purkinje, invadînd întregul miocard, de la endocard spre epicard, în 0,08 s. Ca urmare, se produce sistola ventriculară.

Deoarece singura legătură între atrii și ventricule o reprezintă nodulul atrio-ventricular și fasciculul His, orice leziune la aceste nivele poate provoca grave tulburări de conducere atrio-ventriculară, numite *blocuri.* Aceste blocuri pot fi parțiale (grad I și II) sau totale (bloc atrio-ventricular grad III). Uneori este blocată numai conducerea pe una din ramurile fasciculului His (bloc de ram drept sau stîng).

CONTRACTILITATEA reprezintă proprietatea miocardului de a dezvolta tensiune între capetele fibrelor sale.

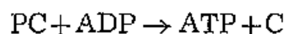
Astfel, în cavitățile inimii se generează presiune, iar ca urmare a scurtării fibrelor miocardice, are loc expulzia sîngelui. Geneza tensiunii și viteza de scurtare sînt manifestările fundamentale ale contractilității. Forța de contracție este proporțională cu grosimea pereților inimii; mai redusă la atrii și mai puternică la ventricule, mai mare la ventriculul stîng față de cel drept. Contracțiile inimii se numesc *sistole* iar relaxările, *diastole*.

Între excitarea membranei fibrelor miocardice și declanșarea procesului de contracție se produc o serie de procese fizico-chimice care cuplează excitația de contracție. Cel mai important element al cuplajului îl reprezintă Ca^{++} care pătrund în celulă, inițiind contracția. Ei sînt expulzați din celulă în faza de relaxare. În esența ei, contracția reprezintă un proces de transformare energetică, de traducere a energiei chimice în energie mecanică. Energia chimică este asigurată de moleculele de ATP ale căror legături fosfatice, macroergice, se desfac:



$$ATP \rightarrow ADP + P + energie$$

Refacerea moleculei de ATP se realizează pe baza energiei rezultate din descompunerea fosfocreatinei (PC):



$$PC + ADP \rightarrow ATP + C$$

La rîndul ei, fosfocreatina se reface pe baza energiei eliberate în urma reacțiilor de glicoliză și, în general, a reacțiilor de oxidoreducere pe care le suferă principiile alimentare (acizii grași, acidul lactic, aminoacizii, corpii cetonici) la nivelul ciclului Krebs și al lanțului respirator celular. Deoarece inima nu poate face „datorie de oxigen" ca mușchii scheletici, miocardul necesită un aport mare de O_2, care este asigurat printr-un debit de irigare coronariană foarte crescut. S-a constatat experimental și din practica medicală, că forța de contracție a inimii este cu atît mai mare cu cît umplerea diastolică cu sînge este mai mare. Aceasta reprezintă *legea inimii*, potrivit căreia eficiența pompei cardiace este proporțională cu alungirea diastolică a fibrelor sale.

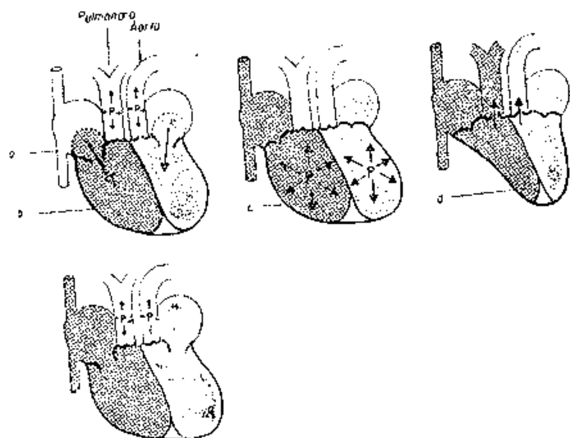
Ciclul cardiac

Un ciclu sau o *revoluție cardiacă* este format dintr-o sistolă și o diastolă. Datorită întîrzierii propagării stimulului prin nodulul atrio-ventricular, există un asincronism între sistola atriilor și cea a ventriculelor: sistola atrială precede cu 0,10 s pe cea a ventriculelor. Durata unui ciclu cardiac este invers proporțională cu frecvența. La un ritm de 75 bătăi pe minut, ciclul cardiac durează 0,80 s. El începe cu *sistola atrială* ce durează 0,10 s. Ventriculele se află la sfîrșitul diastolei, sînt aproape pline cu sînge iar sistola atrială definitivează această umplere. În timpul sistolei atriale are loc o creștere a presiunii din atrii. Sîngele nu poate reflua spre venele mari datorită contracției fibrelor musculare din jurul orificiilor de vărsare a venelor în atrii. Singura cale deschisă o reprezintă orificiile atrio-ventriculare. Sistola atrială este urmată de diastola atrială care durează 0,70 s. La începutul acesteia are loc *sistola ventriculară* care durează 0,30 s și se desfășoară în două faze (fig. 131).

— *Faza de contracție izovolumetrică*. Aceasta începe în momentul închiderii valvulelor atrio-ventriculare și se termină în momentul deschiderii valvulelor semilunare. În acest interval de timp ventriculul se contractă ca o cavitate închisă, asupra unui lichid incompresibil, fapt care duce la o creștere foarte rapidă a presiunii intracavitare. În momentul cînd presiunea ventriculară o depășește pe cea din artere, valvulele semilunare se deschid și are loc ejecția sîngelui.

Faza de ejecție începe cu deschiderea valvulelor semilunare și se termină în momentul închiderii acestora. La început are loc o ejecție rapidă, urmată de o ejecție mai lentă. Volumul de sînge ejectat în timpul unei sistole este de 75 ml în stare de repaus și poate crește pînă la 150—200 ml, în eforturile fizice intense.

După sistolă urmează *diastola ventriculară* ce durează 0,50 s. Datorită relaxării miocardului, presiunea intracavitară scade rapid. Cînd presiunea din ventriculi devine inferioară celei din arterele mari, are loc închiderea valvulelor semilunare care împiedică reîntoarcerea sîngelui spre ventriculi. Pentru scurt timp, ventriculii devin cavități închise (diastolă izovolumetrică). În acest timp presiunea intraventriculară continuă să scadă pînă la valori inferioare celei din atrii, permițînd deschiderea valvelor atrio-ventriculare. În acest moment începe umplerea cu sînge a ventriculilor. Urmează o perioadă de 0,40 s numită *diastolă generală*, în care atriile și ventriculii se află în stare de relaxare. La sfîrșitul acestei faze are loc sistola atrială a ciclului cardiac următor.


Fig. 131. Fazele ciclului cardiac.

Evaluarea eficienței mecanice a pompei cardiace se face prin măsurarea debitului sistolic și a celui cardiac. Debitul cardiac reprezintă volumul de sînge pompat în organism, timp de un minut. El are valoarea de 5 l sînge în repaus și se calculează prin înmulțirea debitului sistolic cu frecvența cardiacă. În eforturi fizice intense, frecvența cardiacă poate crește pînă la 200 bătăi pe minut iar debitul sistolic, pînă la 150 ml, determinînd o creștere a debitului cardiac de la 5 la 30 litri, deci de 6 ori. În somn, debitul cardiac scade; în febră, sarcină și la altitudine, crește.

LUCRUL INIMII reprezintă travaliul efectuat de pompa cardiacă în timpul sistolei ventriculare. El se calculează înmulțind volumul sistolic (75 ml) cu presiunea arterială medie (100 mmHg). Valoarea travaliului este de 100 gm pe sistolă la ventriculul stîng și 20 gm la ventriculul drept. Calculat pe 24 ore, pentru întreaga inimă el reprezintă 10 000 kgm.

Manifestări ce însoțesc ciclul cardiac

În timpul activității sale, cordul produce o serie de manifestări electrice, mecanice și acustice.

a. *Manifestările electrice* reprezintă însumarea vectorială a biocurenților de depolarizare și repolarizare miocardică. Înregistrarea grafică a acestora reprezintă electrocardiograma, metodă foarte larg folosită în clinică, pentru cercetarea activității inimii.

b. *Manifestările mecanice* sînt reprezentate de șocul apexian și pulsul arterial. *Șocul apexian* reprezintă o expansiune sistolică a peretelui toracic în dreptul vîrfului inimii. *Pulsul arterial* este o expansiune ritmică a pere-

telui arterelor, provocată de variațiile ritmice ale presiunii sîngelui.

c. *Manifestările acustice* sînt reprezentate de zgomotele cardiace:

Zgomotul I, sistolic, este mai lung, de tonalitate joasă și mai intens. El este produs de închiderea valvulelor atrio-ventriculare și vibrația miocardului la începutul sistolei ventriculare.

Zgomotul II, diastolic, este mai scurt, mai acut și mai puțin intens. Este produs la începutul diastolei ventriculare, de închiderea valvulelor semilunare ale aortei și pulmonarei.

În intervalele dintre zgomote, se interpun pauze de liniște.

Zgomotele cardiace pot fi înregistrate grafic, obținîndu-se o *fonocardiogramă*.

2. FIZIOLOGIA CIRCULAȚIEI SÎNGELUI

Cu studiul circulației sîngelui se ocupă *hemodinamica*. Sîngele se deplasează în circuit închis și într-un singur sens. De la ventriculul stîng pînă la atriul drept, sîngele străbate *marea circulație* sau circulația sistemică iar de la ventriculul drept pînă la atriul stîng, parcurge mica circulație sau circulația pulmonară. Mica și marea circulație sînt dispuse în serie. De aceea, volumul de sînge pompat de ventriculul stîng, într-un minut, în marea circulație (debitul cardiac), este egal cu cel pompat de ventriculul drept în mica circulație.

Legile generale ale hidrodinamicii sînt aplicabile și la hemodinamică. Astfel, curgerea sîngelui prin vase are loc datorită diferenței dintre presiunea medie a sîngelui în aortă (100 mm Hg) și cea din atriul drept, care are valoarea zero.

Circulația arterială

Arterele sînt vase prin care sîngele iese din inimă. Datorită structurii lor, arterele prezintă două proprietăți: elasticitatea și contractilitatea.

ELASTICITATEA este proprietatea arterelor mari de a se lăsa destinse cînd crește presiunea sîngelui și de a reveni la calibrul inițial cînd presiunea a scăzut la valori mai mici. În timpul sistolei ventriculare, în artere este pompat un volum de 75 cm^3 sînge peste cel conținut în aceste vase. Fiind incompresibil, surplusul de sînge ar putea provoca o creștere uriașă a presiunii arteriale, ducînd la ruptura vaselor. Datorită elasticității aortei și a celorlalte artere mari, unda de șoc sistolică este amortizată. Are loc înmagazinarea unei părți a energiei sistolice sub formă de tensiune elastică a pereților arteriali. Această energie este retrocedată coloanei de sînge, în timpul diastolei. În felul acesta, arterele mari suferă o *diastolă elastică* în timpul sistolei ventriculare și o *sistolă elastică* în timpul diastolei ventriculare. Prin aceste variații pasive ale calibrului vaselor mari se produce transformarea ejecției sacadate a sîngelui din inimă în *curgere continuă* a acestuia prin artere. Importanța elasticității vaselor a fost demonstrată pentru prima dată de fiziologul francez Marey.

CONTRACTILITATEA este proprietatea arterelor de calibru mic și, în special a ateriolelor, de a-și modifica activ calibrul, prin contracția sau relaxarea fibrelor musculare netede din pereții lor. Deoarece rezistența opusă de vase, la scurgerea sîngelui, este invers proporțională cu puterea a 4-a a razei vasului $R \approx \frac{1}{r^4}$, variații mici de calibru au consecințe hemodinamice foarte importante. Arterele mari, de tip elastic, sînt considerate „cisterne de înmagazinare a presiunii“ iar arterele de tip muscular, „ecluze de irigație“ sau robinete periferice de presiune.

Presiunea arterială

Sîngele circulă în vase sub o anumită presiune care depășește presiunea atmosferică cu 130 mm Hg în timpul sistolei ventriculare stîngi (*presiune arterială maximă* sau sistolică) și cu 80 mm Hg în timpul diastolei (*presiune arterială minimă* sau diastolică). Între aceste valori se situează *presiunea arterială medie*, de 100 mm Hg. Presiunea sîngelui se poate măsura direct, introducînd în lumenul arterei un ac, aflat în legătură cu un manometru. În practica medicală curentă la om, presiunea sîngelui se apreciază indirect, prin măsurarea *tensiunii arteriale*. Aceasta se determină măsurînd contrapresiunea necesară de a fi aplicată la exteriorul arterei, pentru a egala presiunea sîngelui din interior.

Factorii determinanți ai presiunii arteriale

Cauza principală a presiunii sîngelui este activitatea de pompă a inimii, care realizează *debitul cardiac*.

Un alt factor important îl reprezintă *rezistența periferică* pe care o întîmpină sîngele la curgerea sa prin vase. Cea mai mare rezistență se întîlnește la nivelul arteriolelor și capilarelor. Străbătînd teritorii cu rezistențe crescute, sîngele pierde mult din energia sa, fapt ce se constată din căderile de presiune sangvină întîlnite dincolo de aceste teritorii. Sîngele intră în arteriole cu o presiune medie de 90 mm Hg și le părăsește cu o presiune de 30 mm Hg. Presiunea de intrare în capilare este de 30 mm Hg și de ieșire, de 10 mm Hg. Rezistența la scurgere se datorește frecării dintre straturile paralele de lichid circulant, fenomen ce poartă numele de *viscozitate*. Datorită viscozității, straturile de sînge aflate în centrul vasului curg mult mai repede decît cele din apropierea peretelui. Cu cît vasul este mai îngust și mai lung, cu atît rezistența pe care o opune curgerii sîngelui este mai mare.

Volumul sangvin circulant — volemia, este alt factor important al presiunii sîngelui. Volemia variază concordant cu variația lichidelor extracelulare (LEC). În scăderi ale volumului LEC, scade și volemia și se produce o scădere a presiunii arteriale (hipotensiune); în creșteri ale LEC, crește volemia și se produce o creștere a presiunii arteriale (hipertensiune).

Presiunea sîngelui mai depinde și de *elasticitatea* arterelor, care scade cu vîrsta, determinînd, la bătrîni, creșteri ale presiunii sangvine.

Între debitul circulant, presiunea sîngelui și rezistența la scurgere există relații matematice. Debitul este direct proporțional cu presiunea și invers proporțional cu rezistența:

$$D = \frac{P}{R}$$

Viteza sîngelui în artere, ca și presiunea, scade pe măsură ce ne îndepărtăm de inimă. În aortă, viteza este de 500 mm/s iar în capilare, de 0,5 mm/s, deci de o mie de ori mai redusă. Aceasta se datorește creșterii suprafeței de secțiune a teritoriului capilar, de o mie de ori față de a aortei.

Pulsul arterial reprezintă o expansiune sistolică a peretelui arterei datorită creșterii bruște a presiunii sîngelui. El se percepe comprimînd o arteră superficială pe un plan osos dur (artera radială). Viteza de propagare a undei pulsatile este de 10 ori mai mare decît viteza sîngelui. Prin palparea pulsului primim informații privind debitul sistolic, frecvența cardiacă și ritmul inimii. Înregistrarea grafică a pulsului se numește *sfigmogramă*. Ea ne dă informații despre artere și despre modul de golire al ventriculului stîng.

Circulația capilară

Capilarele fac legătura dintre artere și vene. Ele sînt cele mai înguste vase sangvine. Diametrul mediu al unui capilar este de 5 μ, dar poate varia între valoarea zero la capilarul închis și 15 μ la cel foarte dilatat. Numărul capilarelor este uriaș: un milimetru cub de țesut conține circa 500 capilare. Unele țesuturi pot avea pînă la 5 000 capilare/mm^3 (mușchiul inimii). Lungimea unui capilar este de 0,5 mm dar, datorită numărului foarte mare, puse cap la cap ele ar forma un conduct lung de 100 000 km. Capilarele se anastomozează formînd o rețea vasculară foarte întinsă, cu o suprafață totală de 5 000 m^2. Grosimea peretelui este de numai 1μ. Suprafața mare, grosimea foarte redusă și marea densitate a capilarelor, permit realizarea unor schimburi intense între sînge și țesuturi. Prin capilare trece același debit sangvin ca și prin aortă, dar suprafața de secțiune a tuturor capilarelor este de 1 000 de ori mai mare decît a aortei. Aceasta face ca viteza sîngelui să

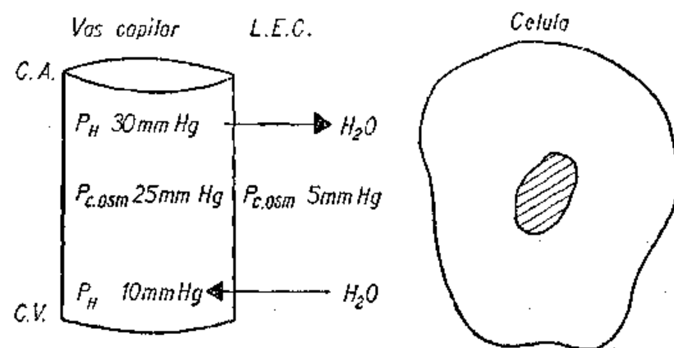


Fig. 132. Schimb capilar țesut: L.E.C. — lichid extracelular; Ph — presiune hidrostatică; P.c.osm. — presiune coloid-osmotică; C.A. — capăt arterial al capilarului; C.V. — capăt venos al capilarului.

fie de tot atîtea ori mai redusă. Aceasta este încă o condiție care favorizează schimbul de substanțe la nivelul țesuturilor. Presiunea sangvină este de 30 mm Hg la capătul arterial și de 10 mm Hg la capătul venos al capilarului.

La nivelul capilarelor nu există variații pulsatile ale presiunii. Circulația se face continuu. Cu toate că în capilare se află numai 5% din volumul sangvin, rolul lor este deosebit deoarece capilarele reprezintă sediul schimbului de gaze respiratorii, apă, substanțe energetice și plastice, care au loc între sînge și țesuturi (fig. 132).

Proprietățile capilarelor

Capilarele prezintă două proprietăți: permeabilitatea și motricitatea.

Permeabilitatea este proprietatea capilarelor de a permite transferul de apă și substanțe dizolvate, prin endoteliul lor. Această proprietate se datorește structurii particulare a peretelui capilar ai cărui pori pot fi străbătuți de toți componenții plasmei, cu excepția proteinelor. Legile care guvernează schimbul capilar-țesut sînt legi fizice, ale difuziunii, osmozei și filtrării. O parte din schimburi se pot face și prin pinocitoză. Sensul în care se deplasează gazele respiratorii este dictat de diferențe de presiuni parțiale. Oxigenul difuzează din sîngele capilar, unde presiunea sa parțială (P_{O_2}) este de 100 mm Hg, spre țesuturi, unde P_{O_2} este de 40 mm Hg. Dioxidul de carbon difuzează de la presiunea tisulară de 46 mm Hg spre capilar unde P_{CO_2} este de 40 mm Hg. Deplasarea apei și solviților depinde de diferența dintre presiunea hidrostatică din capilar care favorizează filtrarea apei spre țesuturi și presiunea coloid-osmotică a proteinelor plasmatice (25 mm Hg) care se opune filtrării, determinînd reabsorbția apei. Filtrarea

apei este ajutată și de presiunea coloid-osmotică a proteinelor din lichidul intercelular, cu valoare de 5 mm Hg.

În capătul arterial, suma presiunilor favorabile filtrării este de 35 mm Hg (presiunea hidrostatică 30 mm Hg + presiunea coloid-osmotică tisulară 5 mm Hg) și depășește cu 10 mm Hg presiunea opozantă a proteinelor plasmatice. Din acest motiv, apa iese din capilar în țesut, antrenînd după ea și substanțele nutritive dizolvate.

La capătul venos al capilarului, fenomenele se produc în sens invers: apare o presiune de resorbție de 9 mm Hg care determină reintrarea apei în capilar și antrenarea, odată cu ea, și a produșilor de catabolism celular.

Întreaga activitate metabolică celulară depinde de buna desfășurare a acestui schimb necontenit. În fiecare minut, membrana capilară este traversată, în ambele sensuri, de un important volum de apă. Celulele corpului sînt scăldate de rîuri de apă. Peretele capilar poate fi străbătut și de globulele albe ale sîngelui.

Motricitatea capilarelor este proprietatea ce le permite să-și schimbe calibrul. Endoteliul capilar propriu-zis nu se poate contracta sau dilata. Totuși, lumenul capilarelor poate varia foarte mult prin intervenția unor factori precapilari. Astfel, relaxarea musculaturii arteriolare și a sfincterelor precapilare permite un aflux mai mare de sînge în teritoriul capilar, ducînd la destinderea pasivă a acestora. Invers, contracția acestor elemente musculare reduce pînă la zero fluxul sangvin prin teritoriul capilar respectiv și determină închiderea completă a capilarelor.

Musculatura arteriolelor este controlată mai ales de sistemul nervos vegetativ simpatic. Creșterea tonusului simpatic contractă arteriolele iar diminuarea sa permite relaxarea. Sfincterele precapilare sînt controlate în special prin factori umorali locali. Excesul de oxigen, deficitul de dioxid de carbon, alcaloza și frigul, contractă sfincterele precapilare, în timp ce hipoxia, excesul de dioxid de carbon, acidoza și căldura, le dilată. Datorită acestor mecanisme locale de reglare, circulația capilară se adaptează continuu la nevoile metabolice ale organelor. În repaus, un mare număr de capilare sînt închise. Prin ele nu circulă sînge decît intermitent, deoarece capilarele se închid și se deschid alternativ. Cînd activitatea unui organ se intensifică, numărul capilarelor deschise crește și, în consecință, crește debitul sangvin local, fenomen denumit *hiperemie funcțională*.

Circulația venoasă

Venele sînt vase prin care sîngele se întoarce la inimă. Capacitatea venelor este de trei ori mai mare decît a arterelor, deci în teritoriul venos se află circa 75% din volumul sangvin. Presiunea sîngelui în vene este foarte joasă: 10 mm Hg la originile sistemului venos și zero mm Hg la vărsarea venelor cave în atriul drept. Deoarece secțiunea venelor cave este mai mică decît a capilarelor, viteza sîngelui crește de la periferie (0,5 mm/s) spre inimă, atingînd valoarea de 10 cm/s în cele două vene cave.

PROPRIETĂȚILE VENELOR. Datorită structurii pereților lor, venele prezintă *distensibilitate* și *contractilitate*.

Distensibilitatea este proprietatea venelor de a-și mări pasiv calibrul sub acțiunea presiunii sîngelui. Prin distensie capacitatea sistemului venos crește, venele putînd înmagazina volume sporite de sînge. Deosebit de distensibile sînt venele hepatice, splenice și subcutanate, care îndeplinesc rol de rezervoare de sînge.

Contractilitatea este proprietatea venelor de a-și varia în mod activ calibrul prin contracția sau relaxarea mușchilor netezi din peretele lor. Prin contracția venelor are loc mobilizarea sîngelui din organele de rezervă.

O particularitate a circulației venoase o reprezintă existența la nivelul membrelor, a două sisteme de întoarcere

a sîngelui spre cord: a) un sistem venos profund, reprezentat de venele aflate în grosimea muşchilor şi b) un sistem venos superficial, reprezentat de venele subcutanate.

Sistemul venos superficial se varsă în cel profund la rădăcina extremităţilor, dar prezintă şi pe parcurs *vene comunicante* prin care sîngele din venele subcutanate se varsă în venele profunde. Direcţionarea sensului de scurgere a sîngelui este realizată de *valvulele venoase,* dispuse din 5 în 5 cm, în interiorul venelor membrelor inferioare. Datorită lor, sensul normal de scurgere al sîngelui este dinspre venele mici, înspre cele mari şi dinspre venele superficiale, înspre cele profunde.

Factorii care determină întoarcerea sîngelui la inimă

Curgerea sîngelui prin artere, capilare şi vene se face conform principiului lui Arhimede, dinspre capătul cu presiune mai mare spre cel cu presiune mai mică, indiferent de valorile presiunilor de pe traseu.

— Cauza principală a întoarcerii sîngelui la inimă este însăşi activitatea de *pompă cardiacă.* Inima creează şi menţine permanent o diferenţă de presiune între aortă (100 mm Hg) şi atriul drept (zero mm Hg). Deşi presiunea sîngelui scade mult la trecerea prin arteriole şi capilare, mai rămîne o *forţă de împingere* de 10 mm Hg ce se manifestă la începutul sistemului venos. Inima funcţionează simultan ca o pompă aspiro-respingătoare. Ea respinge (ejectează) sîngele spre aortă, în timpul sistolei ventriculare şi, concomitent, aspiră sîngele din venele cave în atriul drept. *Aspiraţia atrială dreaptă* se datoreşte creşterii bruşte a capacităţii atriului, ca urmare a deplasării în jos a planşeului atrio-ventricular, în timpul fazei de ejecţie a sistolei ventriculare.

— *Aspiraţia toracică* reprezintă un factor ajutător care contribuie la menţinerea unor valori scăzute ale presiunii venelor mari din cavitatea toracică. Ea se manifestă mai ales în inspiraţie.

— *Presa abdominală* reprezintă presiunea pozitivă din cavitatea abdominală care împinge sîngele spre inimă. În inspiraţie, datorită coborîrii diafragmului, efectul de presă este accentuat.

— *Pompa musculară.* În timpul contracţiilor musculare ritmice, venele profunde sînt golite de sînge iar în perioadele de relaxare dintre două contracţii, ele aspiră sîngele din venele superficiale ş.a.m.d. Refluxul sangvin este împiedicat de prezenţa valvulelor.

— *Gravitaţia* are efect negativ asupra întoarcerii sîngelui din venele membrelor inferioare. Ea favorizează curgerea sîngelui din venele situate deasupra atriului drept. În poziţie clinostatică (culcat), efectul gravitaţiei este practic nul. Prin trecerea în ortostatism şi, în special, în cazul statului în picioare, în nemişcare, facem ca sîngele să stagneze un timp în venele membrelor inferioare. Presiunea hidrostatică creşte în venele gambei, pînă la 100 mm Hg. Sîngele se va întoarce la inimă dar presiunea venoasă foarte mare determină o distensie a venelor care, în timp, poate duce la apariţia *varicelor hidrostatice.* Dacă efectuăm contracţii ritmice ale muşchilor gambei (mers), presiunea venoasă scade de la 100 la 30 mm Hg.

— *Masajul pulsatil* efectuat de artere asupra venelor omonime, aflate împreună în acelaşi pachet vascular conjunctiv, are un oarecare efect favorabil asupra întoarcerii venoase. Întoarcerea sîngelui la inimă are o mare importanţă pentru reglarea debitului cardiac deoarece o inimă sănătoasă pompează, conform legii inimii, atît sînge cît primeşte prin aflux venos, în timpul diastolei.

Reglarea circulației sîngelui

Întreaga activitate cardiovasculară este subordonată nevoilor metabolice ale diferitelor organe și ale organismului, în ansamblu. În raport cu aceste nevoi, debitul cardiac poate varia de la 5 litri sînge pe minut, în repaus, la 30 litri pe minut, în eforturi fizice intense. Corespunzător, debitul sistolic crește de la 75 ml la 200 ml iar frecvența cardiacă, de la 75 la 180 bătăi pe minut. Arterele ce irigă diferite organe își modifică calibrul, dilatîndu-se în organele active și contractîndu-se în cele aflate în repaus. În felul acesta debitul sangvin regional, spre un anumit organ, poate varia de la 0,05 ml/g/m la 0,50—1 sau chiar 2 ml/g/m (mililitri/gram de țesut/minut), ceea ce reprezintă creșteri de 20—40 ori față de debitul de repaus.

În funcție de debitul cardiac și de rezistența periferică, variază și tensiunea arterială, care poate crește în timpul efortului fizic, la un individ sănătos, de la 130 mm Hg la 200 mm Hg sau chiar mai mult. Vasele capilare se deschid și se dilată tot mai mult, asigurînd o nutriție sporită a țesuturilor active. Sistemul venos își reduce capacitatea totală prin veno-constricție, obligînd sîngele să se întoarcă la inimă în cantități mai mari pe unitatea de timp, pentru a asigura creșterile corespunzătoare ale debitului cardiac. Așadar, toate variațiile fiziologice întîlnite în diferite sectoare ale aparatului cardiovascular, au un sens adaptativ; ele corespund intereselor biologice ale organismului și asigură menținerea homeostaziei circulatorii. Întreaga activitate cardiovasculară este reglată și coordonată în mod permanent. La baza reglării homeostaziei circulatorii se află, ca și în cazul altor reglări, mecanismul de feedback negativ. Conținutul concret al proceselor de reglare poate fi nervos sau umoral.

REGLAREA NERVOASĂ este asigurată de *centri cardiomotori* și *vasomotori*, localizați în măduva spinării și encefal (fig. 133). Sediul principal al centrilor de reglare este bulbul rahidian. În substanța reticulată a acestuia se *află centri inhibitori* (depresori) și *centri excitatori* (presori) ai activității cardiovasculare. Centri presori determină, prin intermediul simpaticului, creșterea debitului cardiac, vasoconstricție și hipertensiune. Centri depresori, acționînd prin intermediul parasimpaticului, dar și prin

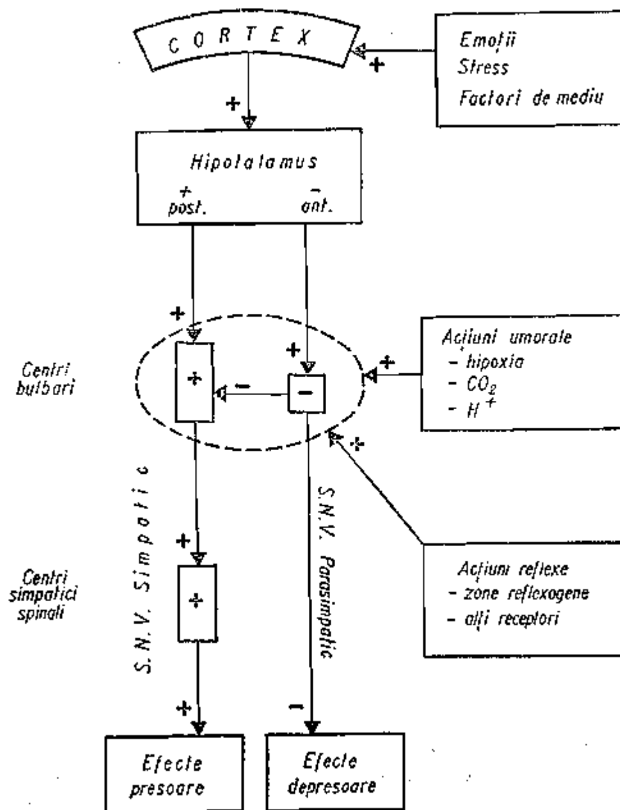


Fig. 133. Schema reglării circulației.

inhibiția centrilor presori, determină scăderea debitului cardiac, vasodilatație și hipotensiune. La nivelul formației reticulate bulbo-pontine există și *centri vasomotori*. În realitate, acești centri formează un tot funcțional, numit *centrul cardio-vasomotor*. Zona laterală a acestui centru exercită acțiuni presoare iar zona medială, acțiuni depresoare. Așa se explică de ce tahicardia coincide cu vasoconstricția iar bradicardia cu vasodilatația. Activitatea centrului cardio-vasomotor este controlată de centri vegetativi superiori din hipotalamus și scoarța cerebrală. Hipotalamusul asigură integrarea activității cardiovasculare cu alte activități vegetative, ca: termoreglarea, digestia, funcțiile sexuale. Scoarța cerebrală integrează activitatea aparatului cardiovascular cu diferite activități somatice (fugă, luptă etc.) și psihice (emoții, activitate intelectuală etc.). Reacțiile vasculare din timpul stărilor de frică, mînie, anxietate, sînt coordonate de sistemul limbic, pe baza conexiunilor acestuia cu hipotalamusul.

Integrarea cea mai fină a activității aparatului cardiovascular în diferite condiții fiziologice și patologice este realizată de scoarța cerebrală, prin intermediul ariilor corticale vegetative. Centrii cardio-vasomotori bulbo-pontini pot fi influențați și prin reflexe inițiate la nivelul receptorilor. Teoretic, stimularea oricărei suprafețe receptoare, extero-, intero- sau proprioceptoare, poate determina modificări ale funcției cardiovasculare. Practic, există anumite zone receptoare numite *zone reflexogene*, a căror stimulare influențează mult activitatea inimii și tonusul vascular periferic.

Principalele zone reflexogene sînt localizate în vasele mari și la nivelul cavităților inimii.

— *Zona reflexogenă* sino-carotidiană, localizată la bifurcația carotidei primitive; conține receptori sensibili la variațiile presiunii sîngelui (baroceptori) și receptori sensibili la variațiile în compoziția chimică a sîngelui (chemoceptori).

— *Zona* reflexogenă de la nivelul crosei aortice, conține baro și chemoceptori.

— Zona reflexogenă a atriului stîng conține receptori sensibili la variațiile volumului sangvin care umple atriul în fiecare diastolă (voloceptori).

— Alte zone reflexogene sînt reprezentate de baro- și chemoceptorii din artera și venele pulmonare din ventriculul stîng și atriul drept.

Stimularea acestor teritorii receptoare declanșează impulsuri nervoase ce se transmit aferent, pe calea nervului glosofaringian (IX) pentru sinusul carotic și a nervului vag (X), pentru celelalte zone reflexogene. Stimulii ce pornesc de la alte categorii de receptori (receptori cutanați, proprioceptori cutanați, interoceptori viscerali) au căile aferente reprezentate de fibrele senzitive ce conectează receptorii respectivi cu centri cardio-vasomotori.

Pe baza informațiilor sosite de la receptori sau de la centri nervoși supraetajați, centri cardio-vasomotori elaborează comenzi ce se transmit efectorilor (inima și musculatura netedă a vaselor) pe căi eferente vegetative, simpatice și parasimpatice:

Fibrele eferente simpatice au originea în neuronii simpatici din coarnele laterale ale măduvei toraco-lombare. Axonii acestora formează fibrele preganglionare care fac sinapsă în ganglionii latero-vertebrali. De aici pleacă fibrele postganglionare ce se distribuie la inimă și vasele periferice. La nivelul terminațiilor acestor fibre se eliberează noradrenalina, mediatorul chimic al sistemului nervos simpatic. Aceasta produce tahicardie, creșterea debitului cardiac și a forței de contracție a inimii, vasoconstricție, creșterea rezistenței periferice și hipertensiune arterială. Excepție fac vasele coronare, cerebrale și musculare pe care simpaticul le dilată.

Fibrele eferente parasimpatice sînt reprezentate, în cea mai mare parte, de nervul vag. Acestea se distribuie în

special la nivelul inimii, determinînd bradicardie, scăderea forței de contracție și a debitului cardiac.

Fibrele preganglionare vagale se termină în ganglionii vegetativi din atrii de unde pornesc fibrele postganglionare, spre țesutul nodal.

Vasodilatația parasimpatică e limitată la anumite zone vasculare (glande exocrine). În restul organismului vasodilatația se produce ca urmare a scăderii tonusului simpatic. La nivelul terminațiilor parasimpatice se eliberează mediatorul chimic — acetilcolina.

Efectul cel mai important al vagului este cardioinhibiția.

REGLAREA UMORALĂ se realizează prin intermediul unor substanțe care circulă prin sînge. Acestea pot fi mediatori chimici ai sistemului nervos vegetativ, hormoni, peptide vasoactive, amine biogene, gaze respiratorii, electroliți, variații de pH etc. Factorii umorali citați pot acționa la nivel central, stimulînd direct centrii cardio-vasomotori, sau la nivel periferic unde exercită un *control local* al circulației sangvine. În raport cu efectele pe care le produc, factorii umorali se clasifică în substanțe vasoconstrictoare și substanțe vasodilatatoare.

Vasoconstricția este produsă de către adrenalină și noradrenalină, angiotensină, vasopresină și serotonină. Noradrenalina și adrenalina sînt hormoni ai medulosuprarenalei. Noradrenalina se eliberează ca mediator chimic și la terminațiile simpatice postganglionare. Ea acționează în special asupra vaselor. Adrenalina acționează, mai ales, asupra cordului.

Vasodilatația este produsă de acetilcolină, mediator chimic parasimpatic, vasodilatator și cardioinhibitor. Ea se eliberează în toate sinapsele ganglionare vegetative, cît și la nivelul terminațiilor fibrelor parasimpatice postganglionare.

Creșterea Po_2 este vasoconstrictoare iar scăderea Po_2 determină vasodilatație. Histamina este vasodilatatoare.

Reglarea umorală a activității cardio-vasculare prelungește și întărește efectele reglării ei nervoase.

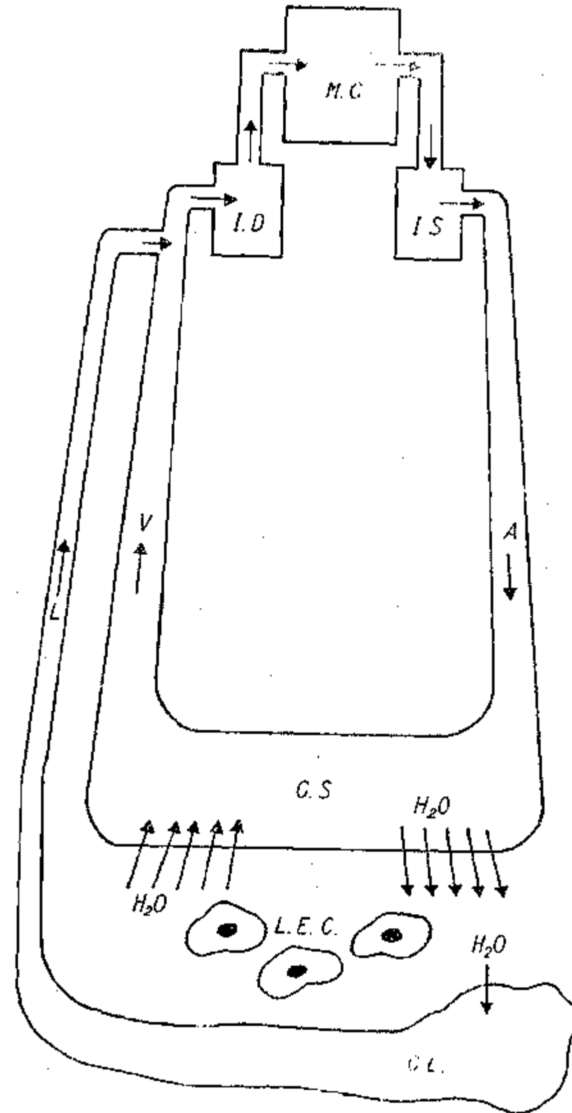
Un rol important în reglarea tensiunii arteriale are rinichiul, prin variația diurezei care asigură variația volemiei, prin secreția de renină.

3. CIRCULAȚIA LIMFATICĂ

Limfa este partea mediului intern care circulă în vasele limfatice. Circulația are loc dinspre capilarele limfatice din țesuturi spre marile ducturi limfatice care deversează limfa în confluenții venoși de la baza gîtului. Circulația limfatică reprezintă o cale derivată de întoarcere spre inimă a apei extravazate din capilarele sangvine (fig. 134).

Formarea limfei. În fiecare minut se filtrează, la nivelul capilarelor arteriale, 16 ml apă. Din acest volum, 15 ml se resorb în sînge, la nivelul capilarelor venoase. Volumul de apă restantă în țesuturi nu stagnează ci ia calea capilarelor limfatice. Debitul limfatic mediu este în jur de 1 500 ml/24 ore, însă poate varia mult în funcție de factorii hemodinamici locali. O creștere a presiunii în sistemul venos poate crește debitul limfatic la 5 litri/24 ore.

Compoziția limfei. La început, limfa are aceeași compoziție cu a lichidului extracelular (LEC) și cu a plasmei (de care se deosebește prin conținutul mai sărac în proteine — 2 g la 100 ml). După trecerea prin ganglionii limfatici, limfa se îmbogățește cu elemente celulare (multe limfocite și puține plasmocite și monocite) și cu proteine — anticorpi. Compoziția limfei variază mult în funcție de teritoriul drenat: limfa provenită din intestinul subțire este mai bogată în lipide (în special la 5—6 ore după masă), ceea ce îi conferă un aspect lăptos; limfa provenită din ficat este bogată în proteine și enzime iar cea din glandele endocrine conține hormoni etc.



Circulația limfei se face cu viteză foarte mică, de la periferie spre locul de vărsare în venele mari. Forțele motrice care determină înaintarea limfei sînt extrinseci și intrinseci. Cele extrinseci sînt presiunile tisulare și factorii ce favorizează întoarcerea venoasă. Cele intrinseci sînt reprezentate de contracțiile ritmice ale vaselor limfatice mari. Aceste contracții, a căror amplitudine este proporțională cu debitul limfatic, creează o presiune de înaintare. Sensul de scurgere este asigurat de prezența valvulelor limfatice.

Rolurile sistemului limfatic

1. Cale auxiliară de întoarcere a lichidului extracelular în sistemul venos. Blocajul căilor limfatice duce la apariția unor edeme monstruoase.

2. De a drena continuu proteinele tisulare, extravazate prin capilare, în special la nivel hepatic și intestinal. Zilnic trec din capilare în țesuturi 25% din proteinele plasmei, dar sînt readuse în circulație prin căi limfatice. O acumulare de proteine în țesuturi ar produce edeme.

3. În transportul lipidelor absorbite în intestinul subțire.

4. În sistemul de apărare antiinfecțioasă al organismului, prin efectul de barieră al ganglionilor limfatici și prin elementele celulare și anticorpii produși de aceștia.

Fig. 134. Schema generală a circulației sîngelui și limfei.

XXIV. APARATUL EXCRETOR (ANATOMIE)

1. RINICHIUL

Rinichii sînt așezați profund în cavitatea abdominală, simetric de-o parte și de alta a coloanei vertebrale, în regiunea lombară. Ei se proiectează de la nivelul ultimelor două vertebre toracale (T_{11}, T_{12}), pînă la vertebra a treia lombară, rinichiul drept fiind situat ceva mai jos, cu aproximativ o jumătate de vertebră decît cel stîng, din cauza prezenței ficatului în partea dreaptă.

Rinichii ocupă o lojă proprie, loja renală, delimitată de o fascie fibroasă, fascia renală, care prezintă o porțiune prerenală, alta retrorenală. În interiorul lojei renale se găsește un strat de grăsime, numită grăsimea perirenală, care învelește rinichii. În afara lojei se găsește un alt strat de grăsime, grăsimea pararenală, mai groasă posterior. Atît grăsimea perirenală cît și cea pararenală au rol protector împotriva traumatismelor din regiunea lombară. Rinichii au forma unui bob de fasole, de culoare brun-roșcată, lungime de aproximativ 12 cm, lățime de 6 cm și grosime de 3 cm; greutatea medie, a fiecărui rinichi este în jur de 120 g.

Rinichiului i se descriu două fețe, două margini și doi poli.

— Fețele rinichiului sînt una anterioară și alta posterioară. Fața anterioară este convexă și are raporturi diferite în dreapta și în stînga. În dreapta, fața anterioară vine în raport cu ficatul, cu duodenul și cu unghiul colic drept, în timp ce în stînga vine în raport cu splina, stomacul, cu coada pancreasului, cu unghiul colic stîng, iar în partea inferioară — cu ansele intestinale. Fața posterioară este tot convexă și are raporturi identice în dreapta și în stînga venind în raport cu peretele posterior al cavității abdominale format de mușchiul psoas și pătratul lombar.

Marginile sînt una externă și alta internă. Marginea externă este convexă iar cea internă concavă numai în porțiunea mijlocie, care corespunde hilului renal, adică locului de intrare și de ieșire din rinichi a elementelor vasculo-nervoase și de ieșire a bazinetului.

Polii rinichiului sînt unul superior și altul inferior.

Structura. Rinichiul este alcătuit din două părți: capsula renală și țesutul sau parenchimul renal.

— Capsula renală se prezintă sub forma unui înveliș fibro-elastic care acoperă toată suprafața rinichiului și care aderă la parenchimul subiacent.

— Parenchimul renal este alcătuit din două zone:

— o zonă centrală, numită medulară;

— o zonă periferică, numită corticală (fig. 135).

Medulara prezintă, pe secțiune, niște formațiuni de aspect triunghiular, numite piramide renale Malpighi. În număr de 7 pînă la 14, ele sînt orientate cu baza spre periferie, către corticală, și cu vîrful spre centru, către hilul renal. Vîrful acestor piramide este rotunjit și poartă numele de papilă renală. Suprafața fiecărei papile renale este perforată de un număr variabil de orificii (15—20) care alcătuiesc aria ciuruită (aria cribrosa). Prin aceste orificii se scurge urina prin tubii colectori Bellini în calicele renale mici. Suprafața piramidelor renale are aspect striat, determinat de tubii colectori Bellini și de arterele drepte adevărate care străbat piramidele Malpighi în tot lungul lor, de la bază pînă la vîrf. Fiecare piramidă Malpighi are semnificația unui lob renal, ceea ce înseamnă că un rinichi are tot atîția lobi cîte piramide Malpighi are. Între piramide se găsesc coloanele Bertin care sînt prelungiri ale corticalei în medulară.

Corticala prezintă pe secțiune, formațiuni de aspect triunghiular, numite piramide Ferrein, în număr de 300—500 pentru fiecare piramidă Malpighi. Aceste piramide Fer-

rein sînt orientate invers decît piramidele malpighiene, adică cu baza spre centru, la baza piramidelor Malpighi şi cu vîrful spre periferie, fără să atingă capsula renală. Fiecare piramidă Ferrein are semnificaţia unui lobul renal şi reprezintă prelungiri ale medularei în corticală. Între piramidele Ferrein se află aşa-numitul labirint în care se găsesc corpusculii renali, vase sangvine şi tubi uriniferi în direcţii variate.

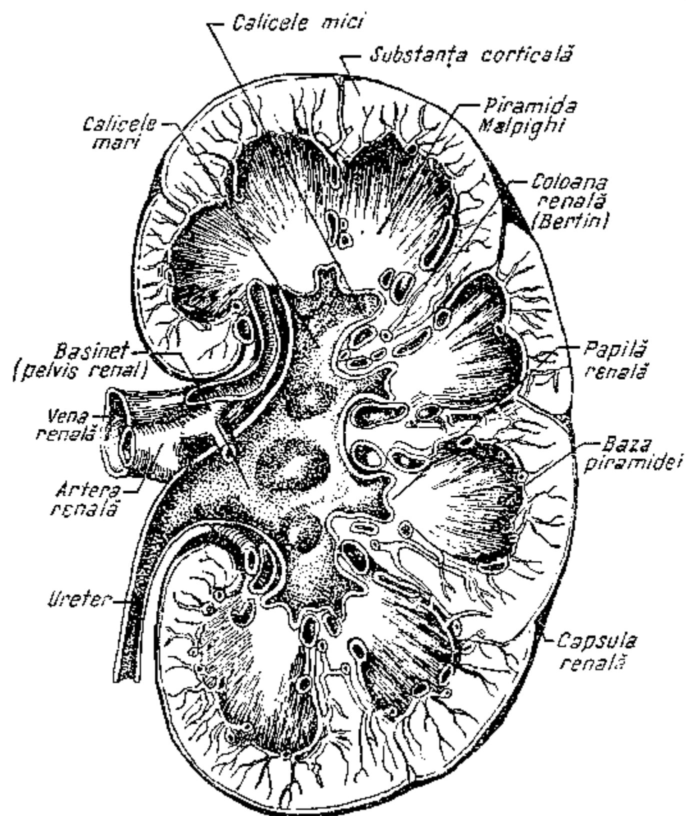


Fig. 135. Structura rinichiului.

Nefronul reprezintă unitatea anatomică şi funcţională a rinichiului (fig. 136). Numărul nefronilor este mare, mai mult de un milion pentru fiecare rinichi. În alcătuirea unui nefron intră două părţi:

— capsula Bowmann;
— un sistem tubular.

Capsula Bowmann reprezintă porţiunea iniţială a nefronului. Ea este situată în corticală şi are forma unei cupe cu pereţii dubli, prezentînd doi poli:

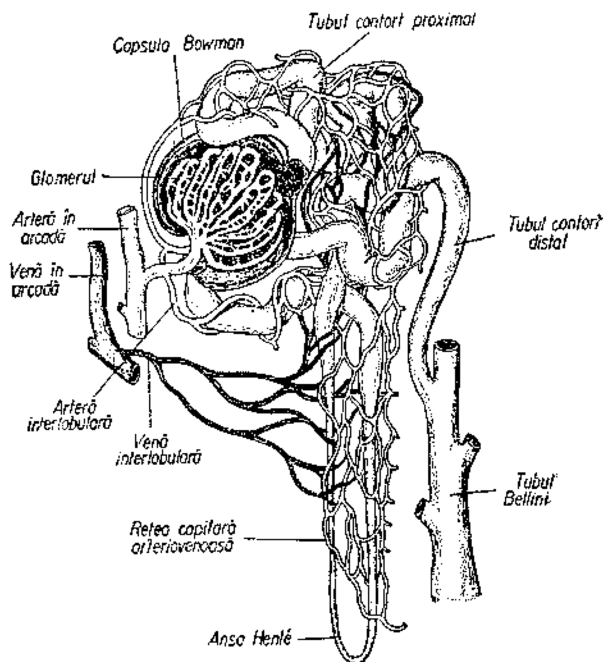


Fig. 136. Nefronul (schemă).

— un pol vascular, prin care intră în capsulă arteriola aferentă care se capilarizează formînd un ghem de capilare numit glomerulul renal Malpighi și prin care iese din capsulă arteriola eferentă;

— un pol urinar situat în partea opusă celui vascular.

Foița internă a capsulei Bowmann este formată din celule turtite și se mulează intim pe ghemul de capilare al glomerulului renal Malpighi. Foița externă a capsulei se continuă cu tubul contort proximal. Capsula Bowmann, împreună cu glomerulul renal, formează corpusculul renal Malpighi.

Sistemul tubular este situat în continuarea capsulei Bowmann și este alcătuit din mai multe segmente care, în totalitate, măsoară 3—4 cm.

Astfel sînt:

— tubul contort proximal: este un tub încolăcit, situat în corticală, în imediata apropiere a capsulei Bowmann;

— ansa Henle, situată în continuarea tubului contort proximal și formată din două ramuri: — un ram descendent, mai subțire care trece din corticală în medulară unde face o buclă numită ansa propriu-zisă și un ram ascendent, mai gros, care se reîntoarce din medulară în corticală;

— tubul contort distal este un tub răsucit, situat în corticală, în continuarea ansei Henle.

Mai mulți tubi contorți distali se varsă într-un tub colector Bellini, care nu face parte din nefron. Într-un tub colector Bellini drenează între 5 000 și 6 000 tubi contorți distali. Tubul colector Bellini trece din corticală în medulară, străbătînd piramidele Malpighi de la bază pînă la vîrf, unde se varsă în calicele renale mici prin orificiile de pe suprafața papilelor renale.

Vascularizația rinichiului este asigurată de artera renală, ramură viscerală din aorta abdominală (fig. 137) Artera renală pătrunde în rinichi prin hilul renal și dă la acest nivel ramuri prepielice (2—4) care trec înaintea bazinetului și ramuri retropielice (de obicei una) care trec înapoia bazinetului. De aici pornesc arterele interlobare care merg printre piramidele renale Malpighi, în coloanele Bertin. Ajunse la baza piramidelor Malpighi, arterele interlobare devin artere arcuate și merg la limita dintre medulară și corticală. Au un caracter terminal, adică nu se anastomozează între ele. Din arterele arcuate pornesc în corticală, printre piramidele Ferrein, arterele interlobulare, care vascularizează corticala pînă la capsula renală. Tot de la acest nivel pornesc în medulară arterele drepte adevă-

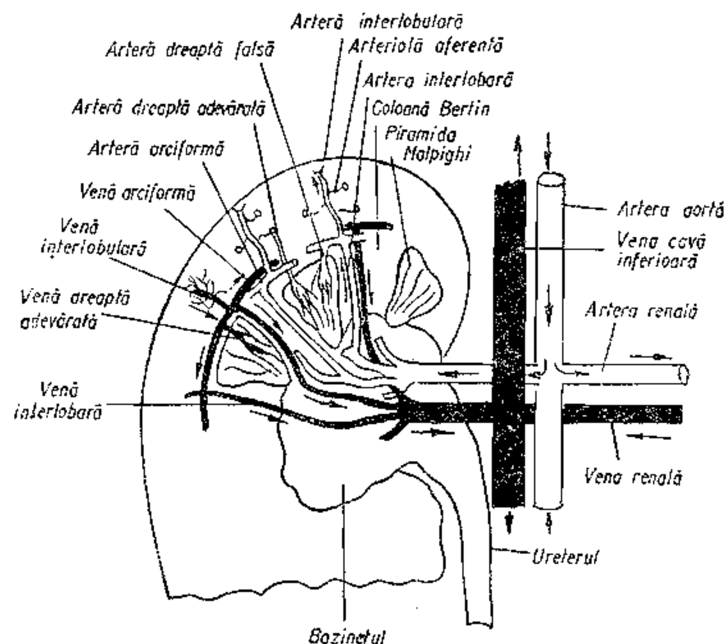


Fig. 137. Schema sistemului vascular al rinichiului.

rate sau „în ploaie" care vascularizează piramidele Malpighi de la bază pînă la vîrf, de-a lungul tubilor colectori Bellini. Din arterele interlobulare se desprind arteriolele aferente care intră în capsula Bowmann prin polul vascular, unde se capilarizează și formează glomerulul renal Malpighi, din care ia naștere apoi arteriola eferentă, mai subțire decît cea aferentă. Aceasta iese din capsula Bowmann tot prin polul vascular, după care se recapilarizează în pereții tubului urinifer.

Sîngele venos este colectat de capilare dispuse la periferie, sub capsula renală, numite stelele Verheyen. Din această rețea, venele au un traiect invers arterelor și sînt reprezentate de venele interlobulare, venele arcuate, venele interlobare care se varsă în venele pre- și retropielice și acestea în vena renală. În vena renală stîngă se varsă și vena testiculară la bărbat sau ovariană la femeie. Venele renale se deschid în vena cavă inferioară.

Limfa rinichiului este colectată de vase limfatice care merg cu venele și care o transportă în ganglionii aortici.

Rinichiul are o *inervație* vegetativă simpatică și parasimpatică. Simpaticul vine din nervi splanhnici iar parasimpaticul din coarnele laterale ale măduvii sacrale S_2—S_4. Cele două sisteme se anastomozează între ele și formează plexul renal.

2. CĂILE DE ELIMINARE A URINII

Căile urinare sînt unele intrarenale și altele extrarenale Cele intrarenale sînt calicele renale mici, calicele renale mari și o parte din bazinet. Căile extrarenale cuprind partea dinspre vîrf a bazinetului, ureterul, vezica urinară și uretra.

Calicele renale mici sînt situate la vîrful piramidelor Malpighi. Numărul lor este de 7—14. Ele se unesc în trei calice renale mari: superior, mijlociu și inferior. La rîndul lor, calicele renale mari se unesc și formează bazinetul.

Bazinetul sau pelvisul renal este un conduct mai dilatat, a cărei porțiune bazală este situată în rinichi și aparține căilor urinare intrarenale. Partea dinspre vîrf este situată în afara rinichiului și aparține căilor urinare extrarenale. El prezintă o față anterioară, o față posterioară o margine superioară și alta inferioară care converg de la bază spre vîrf. Baza este îndreptată în sus și în afară și la nivelul ei se găsesc calicele renale mari. Vîrful bazinetului este situat în jos și înăuntru și se continuă cu ureterul.

Ureterul

Ureterul este un organ tubular, lung de 25—30 cm, care se întinde oblic în jos și spre medial de la vîrful bazinetului pînă la vezica urinară. Este un organ primitiv retroperitoneal care prezintă două porțiuni:

— o porțiune abdominală, care ține de la vîrful bazinetului și pînă la strîmtoarea superioară a bazinetului;

— o porțiune pelviană, care ține de la strîmtoarea superioară a bazinului pînă la vezica urinară.

Raporturile ureterului diferă în cele două porțiuni ale lui. În porțiunea abdominală prezintă două segmente, unul superior sau lombar care ține de la bazinet pînă la creasta iliacă și altul inferior sau iliac, de la creasta iliacă pînă la strîmtoarea superioară a bazinului.

În segmentul abdominal, ureterul este situat anterior de mușchiul psoas și este încrucișat anterior de vasele

testiculare la bărbat şi ovariene la femeie. Lateral are în dreapta colonul ascendent iar în stînga pe cel descendent. Medial de ureter se găsesc, în dreapta, lanţul simpatic drept şi vena cavă inferioară, iar în stînga, lanţul simpatic stîng şi aorta abdominală.

În segmentul iliac, ureterul încrucişează vasele iliace şi este încrucişat în dreapta de mezenter iar în stînga de mezosigmoid.

În porţiunea pelviană, la bărbat, vine în raport cu canalul deferent şi veziculele seminale iar la femeie, cu artera uterină.

Ureterul are un perete alcătuit din trei tunici:

— una externă, fibroasă, numită şi adventice;

— una mijlocie, musculară, cu fibre musculare netede (longitudinale la exterior, circulare la mijloc şi din nou longitudinale la interior);

— una internă, mucoasă, care căptuşeşte lumenul ureterului. Mucoasa ureterului are un epiteliu de tranziţie impermeabil (uroteliu).

Vascularizaţia ureterului este asigurată de arterele ureterale care, în porţiunea superioară, vin din artera renală iar în cea inferioară, din arterele vezicale.

Sîngele venos este colectat de venele ureterale satelite arterelor.

Inervaţia este vegetativă, simpatică şi parasimpatică. Ea vine din plexul renal, pentru porţiunea superioară şi din cel hipogastric şi vezical, pentru porţiunea inferioară a ureterului.

Vezica urinară

Este un organ musculo-cavitar, fiind porţiunea cea mai dilatată a căilor urinare. Ea acumulează urina care se elimină în mod continuu prin uretere şi o evacuează în mod discontinuu, ritmic, de 4—6 ori în 24 ore, prin actul micţiunii. Vezica urinară este aşezată în pelvis, pe care îl depăşeşte în sus atunci cînd este plină. La adult are o formă globuloasă, prezentînd două feţe, două margini, o bază şi un vîrf orientat în sus. Feţele sînt una anterioară şi alta posterioară. Faţa anterioară se găseşte înapoia simfizei pubiene. Între faţa anterioară vezicală şi simfiza pubiană se delimitează un spaţiu prevezical. Faţa posterioară are raporturi diferite la bărbat şi la femeie. La bărbat vine în raport cu rectul, de care este despărţită prin peritoneu care formează aici fundul de sac rectovezical sau Douglas. La femeie, vezica urinară vine în raport posterior cu uterul, între care peritoneul formează fundul de sac vezico-uterin. Marginile vezicii urinare sînt una dreaptă şi alta stîngă.

Baza (fundul vezicii) este situată în jos şi se întinde pînă la fundul de sac recto-vezical la bărbat sau pînă la fundul de sac vezico-uterin, la femeie. Baza vezicii vine în raport cu prostata, cu veziculele seminale şi canalele deferente la bărbat, iar la femeie, cu vaginul şi colul uterin.

Peretele vezicii urinare este alcătuit din trei tunici:

— o tunică externă, seroasă, reprezentată de peritoneu, care acoperă vezica numai pe faţa ei posterioară; în rest, este înconjurată de un strat de ţesut conjunctiv lax;

— o tunică mijlocie, musculară, alcătuită din trei straturi de fibre musculare netede, un strat superficial longitudinal, unul mijlociu cu fibre circulare şi altul profund cu fibre longitudinale;

— o tunică internă, mucoasă, care căptuşeşte suprafaţa internă a vezicii urinare şi este cutată.

Epiteliul este un epiteliu de tranziţie (uroteliu), impermeabil.

O singură zonă din mucoasa vezicii este netedă şi anume, o zonă triunghiulară numită trigonul vezical, delimitat între orificiile ureterale şi cel uretral.

Vascularizația vezicii urinare este asigurată de arterele vezicale. Sîngele venos este colectat de venele vezicale satelite ale arterelor. Ele conduc sîngele venos în vena iliacă internă (hipogastrică).

Limfa este colectată de vasele limfatice care urmează traiectul venelor.

Inervația vezicii este vegetativă, asigurată de sistemul nervos simpatic și parasimpatic. Ea vine din plexul hipogastric.

Uretra

Uretra este un conduct care, la bărbat, are o lungime medie de 14—16 cm iar la femeie, de 4—5 cm. Reprezintă segmentul evacuator al aparatului urinar prin care urina este eliminată din vezica urinară în timpul micțiunii.

La bărbat este un organ comun atît aparatului urinar cît și celui genital, servind pentru micțiune și pentru ejaculare și are un lumen mai îngust. Ea prezintă trei segmente:

— uretra prostatică, prezintă pe peretele ei posterior o proeminență centrală numită colicul seminal, la nivelul căruia se deschid canalele ejaculatoare și canalele prostatice. Sub vezică, la nivelul uretrei prostatice, se află sfincterul intern, cu fibre musculare netede și cu contracție involuntară;

— uretra membranoasă traversează perineul și prezintă un sfincter extern cu fibre musculare striate și contracție voluntară;

— uretra peniană prezintă glandele uretrale și se deschide în vîrful glandului prin meatul urinar.

La femeie, uretra este un organ care servește numai pentru eliminarea urinii din vezica urinară și are un lumen mai larg. Ea are un orificiu interior la nivelul vezicii urinare și altul exterior în vestibulul vaginal, fiind prevăzută cu un sfincter intern neted (involuntar) și un sfincter extern striat (voluntar).

XXV. FIZIOLOGIA APARATULUI EXCRETOR

Generalități

Ultima etapă a schimburilor organism-mediu se petrece la nivelul organelor excretoare. Există mai multe căi de eliminare a cataboliților:

— dioxidul de carbon și alte substanțe volatile sînt eliminate pe *cale pulmonară*, prin aerul expirat.

— substanțele nedigerabile și neabsorbite se elimină pe *cale digestivă*, prin fecale;

— o parte din apă, săruri, cataboliții azotați și cea mai mare parte din căldura animală se elimină pe *cale cutanată*, prin transpirație.

— Modalitatea principală care asigură curățirea mediului intern de reziduurile metabolice și substanțele toxice este *excreția renală* (prin urină). Din această cauză, aparatul urinar a devenit sinonim cu aparatul excretor al organismului.

Funcțiile rinichiului

Formarea urinii este principala funcție a rinichiului. Excretînd volume variabile de urină, rinichiul participă la homeostazia volumelor lichidelor corpului și, în special, a volemiei. Excretînd urini cu osmolarități (densități) variabile, rinichiul reglează homeostazia osmotică a mediului

intern, iar prin retenție și eliminarea selectivă a diferitelor săruri minerale, rinichiul menține și echilibrul electrolitic al corpului. La nivelul rinichiului se produce inactivarea unor substanțe toxice (rol antitoxic). Rinichiul secretă o serie de hormoni. Astfel renina, o substanță vasoactivă, provoacă direct (dar mai ales indirect prin geneza de angiotensină) vasoconstricția arteriolelor. Acest efect, asociat cu reglarea volemiei, conferă rinichiului un rol central în reglarea tensiunii arteriale. Sub acțiunea hipoxiei, rinichii secretă factori entropoetici etc.

Formarea urinii

Urina este produsă de nefron prin trei mecanisme fundamentale. La nivelul corpusculului renal are loc ultrafiltrarea glomerulară iar la nivelul tubilor se petrece reabsorbția și secreția tubulară (fig. 138).

1. *ULTRAFILTRAREA GLOMERULARĂ.* La trecerea prin glomerul, sîngele suferă un proces de ultrafiltrare, cauzat de forțe fizice și favorizat de existența, la acel nivel, a unei membrane de filtrare (ultrafiltrul renal). Acesta rezultă din alipirea endoteliului capilar glomerular cu endoteliul foiței viscerale a capsulei Bowman. Celulele acesteia numite *podocite,* prezintă niște prelungiri citoplasmatice ce se sprijină pe membrana bazală a capilarelor (fig. 139). Porii filtrului sînt de dimensiuni foarte mici și nu permit traversarea elementelor figurate sau a macromoleculelor cu greutate moleculară mai mare de 68 000 Daltoni. Factorul principal al filtrării este presiunea hidrostatică din capilarele glomerulare (fig. 140). Spre deosebire de restul țesuturilor, unde presiunea capilară medie nu depășește 20 mmHg, în glomerul, aceasta atinge valoarea de 70 mm Hg. Filtrarea este frînată de presiunea coloid-osmotică a proteinelor plasmei (25 mm Hg) și de presiunea hidrostatică din capsula Bowman (15 mm Hg). Rămîne totuși o *presiune efectivă de filtrare* de 30 mm Hg care determină un debit de filtrare de 125 ml plasmă pe minut. Aceasta reprezintă 1/5 din volumul de plasmă ce irigă rinichiul în respectivul interval de timp. Lichidul ultrafiltrat se numește *urină primară,* cu o compoziție identică cu a plasmei, minus proteinele. În esență ultrafiltrarea glomerulară este rezultatul interacțiunii acelorași forțe (Starling ce guvernează schimburile capilar-țesut.

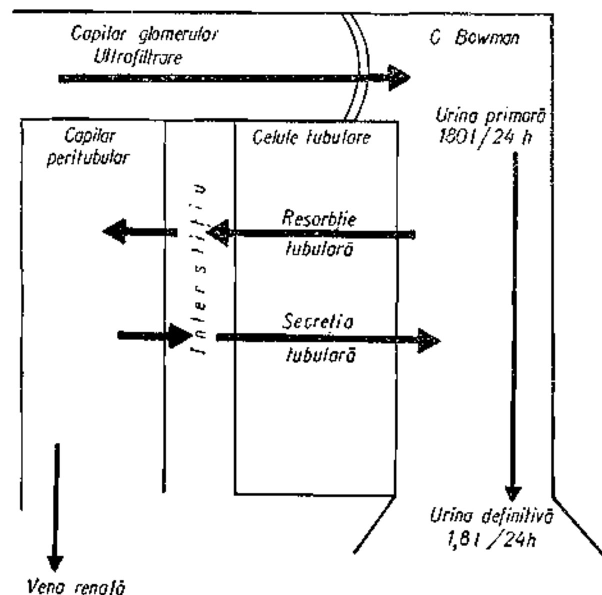
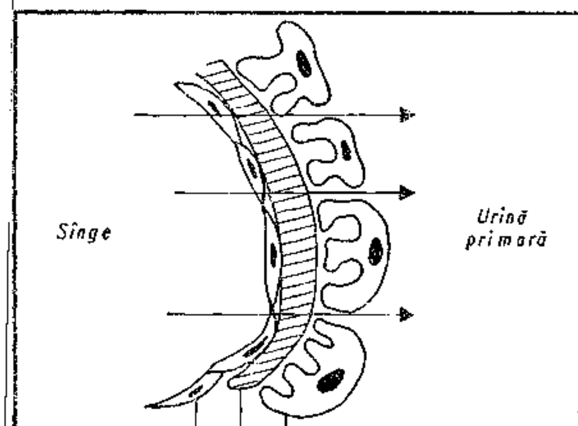


Fig. 138. Mecanismele formării urinii.

Străbătînd nefronul, urina primară suferă modificări importante de volum și compoziție, devenind *urină definitivă* (tabel 1).



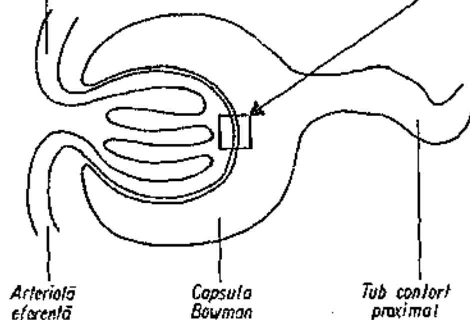


Fig. 139. Schema ultrafiltrului renal

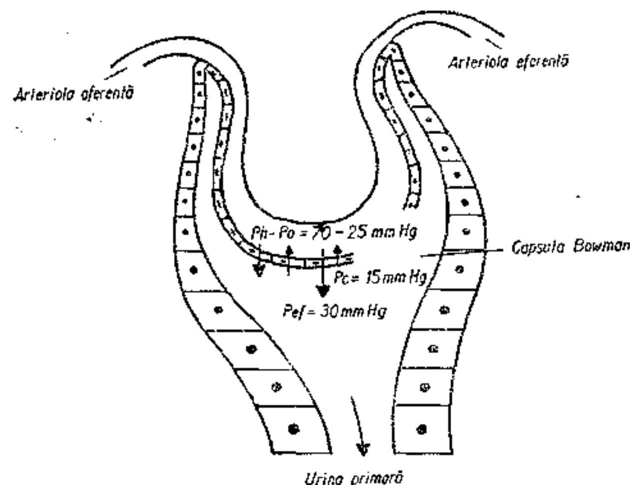


Fig. 140. Factorii filtrării glomerulare.

Compoziția urinii, comparativ cu a plasmei (la 1000 ml)

	Unități de măsură	Cantitate		
		Plasmă	U. Primară	U. Definitivă
proteine	g	80	0	0
lipide	g	7	7	0
glucoză	g	1	1	0
Na	mEq	140	140	14
Cl	mEq	100	100	10
Ka	mEq	5	5	50
Ca	mEq	5	5	0
uree	g	0,3	0,3	30
creatinină	g	0,01	0,01	1
acid uric	g	0,03	0,03	0,6
amoniac	mg	0,3	0,05	500
apă	1/24 ore	—	180	1,8

REABSORBȚIA TUBULARĂ. Dacă substanțele ultrafiltrate s-ar elimina la exterior, organismul nu ar supraviețui mai mult de o oră. Majoritatea compușilor urinii primare sînt substanțe utile. Ele sînt recuperate prin reabsorbție. Celulele tubilor uriniferi sînt adaptate morfologic și biochimic pentru a realiza această importantă acțiune de economisire. Morfologic, nefrocitele au la polul apical numeroși microvili care cresc considerabil suprafața activă (ca și celula intestinală), iar la polul bazal au numeroase mitocondrii care fabrică ATP necesar efortului de reabsorbție. Biochimic, membranele celulelor tubulare conțin pompe metabolice care participă la transportul activ.

În raport cu energia consumată pentru reabsorbția substanțelor se deosebește transportul pasiv și trasportul activ.

— *Transportul pasiv* se face în virtutea unor legi fizice ale difuziunii (în gradient chimic, electric sau electrochimic) și osmozei, precum și a diferențelor de presiuni hidrostatice. Acest transport nu necesită energie și nu este limitat de o capacitate maximă de transport a nefrocitului. Prin acest mecanism se reabsoarbe apa (în gradient osmotic), ureea (în gradient chimic) și o parte din Na^+ și Cl^- (în gradient electric și electrochimic).

Reabsorbția apei. Toate segmentele nefronului pot reabsorbi apă dar în proporții diferite. Cea mai importantă reabsorbție are loc în 2 porțiuni: a. la nivelul tubului contort proximal (tcp) are loc reabsorbția a 80% din apa filtrată. Aceasta este o *reabsorbție obligatorie,* apa fiind atrasă osmotic din tub în interstițiu ca urmare a reabsorbției sărurilor glucozei și a celorlalți compuși utili; b. la nivelul tubilor contorți distali (tcd) și, în special a tubilor colectori (tc), are loc absorbția a 15% din apa filtrată. Aceasta este o reabsorbție facultativă, în sensul că ea poate avea loc sau nu.

În lipsa HAD, reabsorbția facultativă nu se produce și se elimină un volum de 20—25 l urină diluată în 24 ore. În prezența HAD, această reabsorbție se produce și, ca urmare, în 24 ore se elimină 1,8 l urină concentrată. În restul nefronului se reabsoarbe 4% din apă. Din volumul de 180 l/24 ore al urinii primare, se elimină numai 1,8 l (1%) ca urină definitivă. Reabsorbția facultativă permite adaptarea volumului diurezei în funcție de stările de hidratare a organismului. În acest segment al nefronului intervin mecanismele de reglare a diurezei și a eliminărilor de Na^+ și K^+. Cînd se ingeră multe lichide, diureza crește, și cînd se pierd lichide sau nu se ingeră, diureza scade.

— *Transportul activ* se datorește travaliului metabolic al nefrocitului. Se face cu consum de energie și O_2 (consum de ATP), și împotriva gradientelor de concentrație sau electrice. Forța pompelor metabolice este limitată de capacitatea lor maximă de a transporta o substanță pe unitatea de timp (Tmax). Spre exemplu, toți cei două milioane de nefroni ai ambilor rinichi nu pot reabsorbi activ mai mult de 350 mg glucoză pe minut. Cum, în mod normal, în fiecare minut se filtrează numai 125 mg glucoză, există suficientă capacitate de reabsorbție care să prevină glicozuria. La diabetici, crescînd glicemia, crește și cantitatea glucozei filtrate, capacitatea de transport maxim al glucozei este depășită și apare glicozuria. O altă caracteristică a transportului activ este caracterul selectiv. Celula consumă energie numai pentru recuperarea substanțelor utile, lăsînd catabolițiii în urină. Există numeroase mecanisme celulare specifice de transport activ care funcționează în raport cu debitul de filtrare al substanței reabsorbite și cu necesitățile organismului. Prin transport activ se reabsorb glucoza, aminoacizii, acizii grași, unele vitamine (C, B_{12}, acid folic), polipeptidele, precum și majoritatea sărurilor minerale (Na^+, K^+, Cl^-, HCO_3^-, fosfați, sulfați, urați etc.).

SECREȚIA TUBULARĂ. Principala modalitate de curățire a plasmei de catabolițiii azotați neutilizabili este

ultrafiltrarea. Secreţia tubulară completează funcţia de eliminare a unor substanţe acide sau toxice, precum şi a unor medicamente. Prin secreţie, rinichii intervin şi în reglarea concentraţiei plasmatice a unor constituenţi obişnuiţi (K^+, acidul uric, creatinina). Mecanismele secreţiei sînt la fel cu ale reabsorbţiei active şi pasive. Sensul transportului este inversat; din interstiţiul peritubular, în spre interiorul tubului. Procesele de secreţie pot avea loc în tot lungul nefronului.

Secreţia de H^+. Mecanismul este activ iar sediul principal este tcp. Secretînd ionii de hidrogen, rinichiul participă la reglarea echilibrului acido-bazic. În acidoze, *p*H-ul urinii scade pînă la 4,5 iar în alcaloze poate creşte pînă la 7,5. Secreţia de H^+ poate avea loc şi în restul nefronului. Astfel, la nivelul Tcd există mecanisme de transport prin schimb ionic, ce reabsorb Na^+ şi secretă K^+ sau H^+, în funcţie de *p*H-ul mediului intern. Acest mecanism este activat de aldosteron.

Secreţia de K^+ are loc mai ales în tcd, prin mecanisme active (schimb ionic) şi pasive. Prin secreţie de K, rinichiul asigură menţinerea normală a potasemiei.

Secreţia de NH_3. La nivelul celulei tubulare distale se află o enzimă (glutaminază) care desface glutamina în amoniac şi acid glutamic. Amoniacul este eliminat în urină iar acidul glutamic este reabsorbit în sînge şi ajunge la creier unde se combină cu o nouă moleculă de amoniac, regenerînd glutamina şi aşa mai departe. În afară de efectul antitoxic, amoniogeneza renală reprezintă şi-o modalitate de excreţie suplimentară de H^+, fără o acidifiere suplimentară a urinii. Surplusul de H^+ eliminaţi se leagă de NH_3 dînd ionul amoniu (NH_4^+) care se elimină împreună cu Cl^- sub formă de clorură de amoniu.

Reglarea formării urinii

Volumul, proprietăţile şi compoziţia urinii variază în limite foarte mari, în timp ce compoziţia şi proprietăţile mediului intern se menţin la valori foarte stabile. Aceasta dovedeşte marea capacitate a rinichiului de a forma urini diferite, în funcţie de interesele homeostaziei. Integrarea rinichiului ca organ efector în mecanismele de autoreglare a homeostazei se face pe căi nervoase şi umorale.

1. *Reglarea nervoasă* este vegetativă şi se adresează preponderent filtrării glomerulare. Rolul cel mai important îl exercită fibrele simpatice cu origine în măduva lombară. Vasoconstricţia arteriolei aferente reduce irigarea glomerulilor, reduce presiunea efectivă de filtrare, scăzînd filtrarea glomerulară. Vasoconstricţia arteriolei eferente creşte presiunea efectivă de filtrare, crescînd şi filtrarea glomerulară. Stimularea nervilor renali sau a unor centrii nervoşi din bulb, hipotalamus sau scoarţa cerebrală, poate reduce diureza pînă la anurie. Prin stimulări ale nervilor din plexul renal s-a obţinut creşterea reabsorbţiei Na^+ şi consecutiv, diminuarea eliminării urinare a acestuia. Reglarea nervoasă nu este indispensabilă; ea se adresează în special condiţiilor de irigare renală. Rinichii transplantaţi sau cei denervaţi funcţionează normal. Prin componentele sale vegetative, hipotalamusul intervine în reglarea nervoasă a funcţiei renale iar prin neurosecreţie, în reglarea umorală.

2 *Reglarea umorală* deţine rolul cel mai important. Numeroase glande endocrine, începînd cu hipotalamusul şi hipofiza, controlează cantitatea şi calitatea urinii. Reglarea umorală se adresează în primul rînd funcţiilor tubulare. Totuşi, unii hormoni (glucocorticoizii) influenţează şi filtrarea glomerulară (cresc).

Hormonul antidiuretic (HAD), secretat de hipotalamusul anterior şi eliberat în sînge din neurohipofiză, reglează

volumul urinii finale (diureza). Sub acţiunea HAD, epiteliul tubilor distali şi colectori devine permeabil pentru apă, permiţînd reabsorbţia facultativă a acesteia şi consecutiv eliminarea unei urini concentrate, de volum redus. În lipsa HAD, ca în diabetul insipid, reabsorbţia distală a apei nu mai are loc. Se elimină urini abundente (25 l/24 ore) şi diluate. Secreţia de HAD variază în funcţie de starea de hidratare a organismului, de presiunea osmotică a mediului intern şi de concentraţia Na^+. Cînd se ingeră multe lichide, are loc o creştere a volumului lichidelor extracelulare (LEC) şi o scădere (prin diluţie) a presiunii osmotice şi a concentraţiei Na^+. Aceste modificări, acţionînd prin intermediul volum-receptorilor atriali şi osmo- şi chemoreceptorilor hipotalamici, vor determina o reducere sau blocare a secreţiei de HAD şi o creştere a eliminării de apă. Cînd organismul pierde lichide (transpiraţie, diaree etc.), constantele homeostatice amintite variază în sens invers şi vor determina o creştere a secreţiei HAD care va economisi apa în organism, scăzînd diureza.

Glanda corticosuprarenală, prin aldosteron (mineralocorticoid), determină reabsorbţia Na^+ şi secreţia K^+ la nivelul pompei de schimb ionic din tcd.

Hormonii tiroidieni, prin creşterea catabolismului celular, în special protidic, oferă spre eliminare mulţi produşi reziduali care atrag după ei apa şi cresc diureza. Sub acţiunea *parathormonului* creşte eliminarea urinară de fosfaţi, dar şi de calciu, precum şi cea de K şi Na. Scăderea hidrofiliei ţesutului conjunctiv creşte diureza. Toate substanţele care cresc tensiunea arterială cresc diureza (cu excepţia HAD) iar substanţele care scad tensiunea arterială, scad diureza. Blocarea mecanismului de reabsorbţie activă creşte diureza prin efectul de reţinere osmotică a apei în tubi, exercitat de substanţele neresorbite.

Fiecare nefron posedă un dispozitiv propriu de reglare a formării urinii, reprezentat de *aparatul juxtaglomerular*, formaţiune dispusă la contactul dintre tcd şi arteriola aferentă. Reducerea irigaţiei renale sau modificarea fluxului urinar prin nefron, determină eliberarea din aparatul juxtaglomerular a reninei, o enzimă, care acţionînd asupra unei globuline plasmatice (angiotensinogenul), produce angiotensina I, din care unele ţesuturi produc angiotensina II. Această substanţă, de natură polipeptidică (8 amino-acizi), are două efecte majore:

— este cea mai puternică vasoconstrictoare naturală;

— stimulează secreţia de aldosteron, determinînd retenţie de Na^+ şi Cl^-. Prin aceste acţiuni se produce o creştere a volemiei şi a tensiunii arteriale. În acelaşi timp, angiotensina acţionează asupra musculaturii netede a arteriolelor glomerulare, influenţînd debitul de filtrare.

Eliminarea urinii. Micţiunea.

Volumul de urină produsă de rinichi în 24 ore se numeşte *diureză* şi are o valoare medie de 1,8 litri.

La nivelul papilelor renale, urina se adună în calice şi bazinet iar de aici prin *mişcări peristaltice* este transportată în lungul *ureterelor* spre *vezica urinară*. Din uretere, urina este eliminată în jeturi în vezica urinară. Datorită sfincterelor ureterale, refluxul urinii spre uretere nu este posibil iar, datorită sfincterelor uretrale (neted, intern şi striat, extern), este împiedicată eliminarea continuă a urinii la exterior. În intervalul dintre micţiuni urina se acumulează în vezica urinară. Pereţii acesteia conţin fibre musculare netede a căror stare de contracţie variază în funcţie de conţinutul în urină. Cînd vezica este goală, muşchii sînt contractaţi, iar pereţii alipiţi făcînd din vezică o cavitate virtuală, cu presiune între zero+10 cm coloană de apă. Pe măsură ce urina se acumulează în vezică, pereţii acesteia se relaxează progresiv, mărindu-i capacitatea.

În acest mod se pot acumula 200—300 ml urină, fără ca presiunea din interior să crească. Adaptarea contracției mușchilor vezicii la volumul de urină conținut se numește *tonus postural*.

Variațiile presiunii intravezicale sînt determinate de variațiile volumului urinii. Volume de urină sub 150 cm³ provoacă modificări reduse ale presiunii și corespunzător apar vagi senzații de plenitudine. Cînd în vezică se adună 250 cm³ urină apare senzația de necesitate a micțiunii, care poate fi amînată voluntar. La volumuri urinare de peste 400 cm³, presiunea intravezicală crește mult, apar contracții puternice ale pereților și senzația de micțiune devine imperioasă.

Tonusul postural are o limită: la creșteri mai mari ale volumului urinii din vezică, pereții acesteia nu se mai destind, presiunea interioară crește brusc declanșînd *reflexul de micțiune*. Acest reflex este inițiat la nivelul receptorilor de presiune situați în pereții vezicii urinare. Excitantul specific este creșterea presiunii din interiorul vezicii la valori peste 18 cm apă. Stimulii nervoși generați la receptorii din peretele vezicii se transmit pe căi aferente spre centrii micțiunii din măduva sacrată, și spre scoarța cerebrală provocînd senzația conștientă de necesitate. La nivelul măduvei sacrate se află centrii vegetativi parasimpatici care emit comanda de eliminare a urinii. Aceasta pleacă pe căile eferente parasimpatice ale nervilor pelvici și determină contracția pereților vezicii și relaxarea sfincterului uretral intern. Are loc astfel micțiunea prin reflexe involuntare. Acest mecanism funcționează la animale și la copiii mici. Prin educație la om, sau dresură la mamifere, actul micțiunii poate fi controlat voluntar. Dacă în momentul apariției senzației de necesitate, condițiile de ambianță nu permit evacuarea vezicii (fig. 141), micțiunea poate fi împiedicată prin contracția sfincterului uretral extern care este un mușchi striat supus voinței. În același timp, are loc o relaxare suplimentară a vezicii urinare, sub acțiunea centrilor simpatici din măduva lombară care comandă relaxarea mușchilor netezi ai peretelui și contracția sfincterului uretral intern. Presiunea din vezică scade și pentru un timp senzația de necesitate dispare. Prin conlucrarea mecanismului reflex și a controlului cortical voluntar, vezica urinară poate acumula pînă la 600 ml urină, după care micțiunea se produce chiar și împotriva voinței. La actul micțiunii participă și mușchii pereților abdominali și ai respirației, care cresc presiunea în cavitatea abdominală grăbind evacuarea urinii. În mod normal omul are 4—6 micțiuni în 24 ore. În timpul nopții micțiunile sînt absente sau mai rare ca ziua.

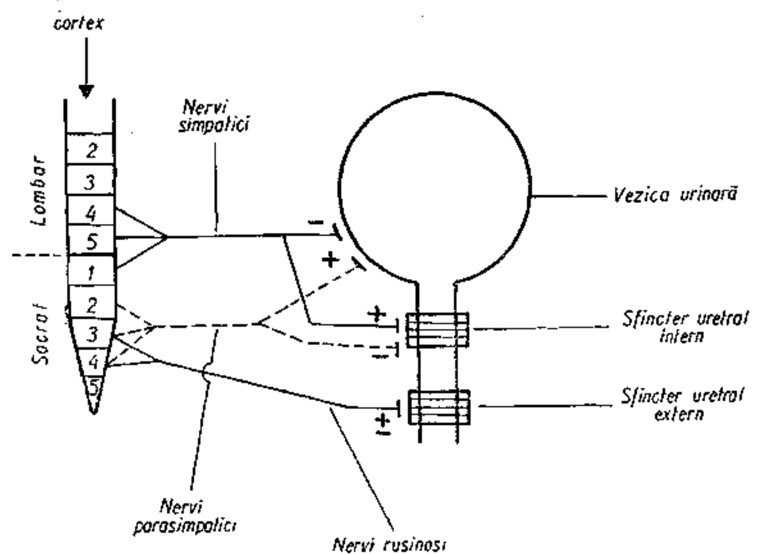


Fig. 141. Reglarea micțiunii.

XXVI. METABOLISMUL

Organismul este un sistem deschis care face schimb de substanță și energie cu mediul extern. Acest schimb permanent reprezintă *metabolismul*.

Metabolismul începe odată cu ingestia alimentelor și sfîrșește cu excreția produșilor neutilizabili. El se desfășoară în trei etape: digestivă, celulară și excretorie. Legătura dintre aceste etape o face sîngele.

În *etapa digestivă*, sub acțiunea unor fermenți specifici, are loc fragmentarea hidrolitică a macromoleculelor organice din alimente și transformarea lor în molecule simple, fără specificitate, absorbabile (glucoză, acizi grași, glicerină, aminoacizi).

În *etapa celulară*, principiile alimentare suferă numeroase transformări. Totalitatea transformărilor biochimice care au loc la nivel celular, reprezintă *metabolismul intermediar*. Deci, metabolismul intermediar reprezintă schimbul de substanțe și energie dintre celulă și mediul intern. Reacțiile metabolice din celule sînt de două feluri: *reacții anabolice*, de sinteză a unor constituienți celulari sau de rezervă și *reacții catabolice*, de scindare a substanțelor pînă la produși finali, neutilizabili (apă, dioxid de carbon, substanțe azotate simple).

Prin reacții anabolice are loc reînnoirea permanentă a structurilor celulare uzate, sînt sintetizate o serie de substanțe active (enzime, hormoni), este asigurată creșterea și înmulțirea celulelor, precum și încărcarea lor cu material nutritiv de rezervă.

Reacțiile catabolice generează energie. Ele se desfășoară în două faze succesive. Într-o primă fază are loc *metabolizarea incompletă*, pe căi specifice, a substanțelor nutritive, pînă la stadiul de acetil coenzimă A și acid oxaloacetic, produși intermediari comuni glucidelor, lipidelor și proteinelor. În această fază se eliberează o cantitate re-

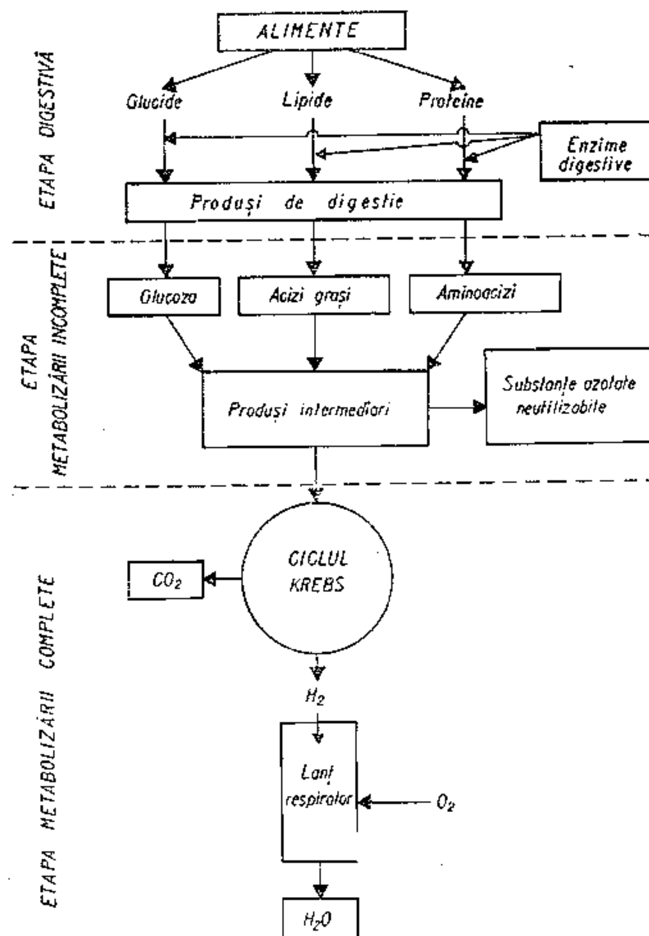


Fig. 142. Etapele metabolismului.

dusă de energie. În faza a doua are loc *metabolizarea completă* a produșilor intermediari. Această fază este comună tuturor substanțelor nutritive. Ea constă din reacții de oxido-reducere prin care se eliberează peste 90% din energia chimică a moleculelor. O parte din aceste reacții se desfășoară ciclic, în cadrul ciclului acidului citric sau ciclul lui Krebs, iar o altă parte are loc la nivelul lanțului sau catenei respiratorii celulare. Toate aceste reacții constau, în esență, din „arderea" alimentelor în prezența oxigenului. Oxidarea lor poate avea loc și în bomba calorimetrică, obținîndu-se aceiași produși finali și aceeași cantitate de energie. În organism, energia se eliberează treptat, în etape succesive, și nu se transformă toată în căldură, ci o parte se depozitează. Ciclul lui Krebs și catena respiratorie au sediul în mitocondrii unde se desfășoară respirația celulară (fig. 142).

Reacțiile anabolice necesită energie iar cele catabolice eliberează energie. Din această cauză ele se desfășoară cuplat. Energia chimică nu poate fi utilizată direct; mai întîi, ea este înmagazinată sub formă de compuși chimici macroergici, al căror reprezentant principal este acidul adenozintrifosforic (ATP). Depozitarea energiei sub formă de legături fosfat-macroergice reprezintă 40% din energia chimică eliberată prin procesele de oxidare metabolică. Restul se pierde sub formă de căldură. Totalitatea schimburilor energetice organism-mediu reprezintă *metabolismul energetic*.

1. METABOLISMUL INTERMEDIAR AL GLUCIDELOR

Generalități

Glucidele sînt substanțe organice alcătuite din C, O și H. Se mai numesc hidrați de carbon deoarece conțin oxigen și hidrogen în aceleași proporții ca apa. În natură se întîlnesc glucide cu moleculă simplă — monozaharide și dizaharide — sau cu moleculă complexă — polizaharide. Reprezentanții principali ai monozaharidelor sînt pentozele (riboza, dezoxiriboza) și mai ales hexozele (glucoza, fructoza și galactoza). Polizaharidele sînt polimeri ai glucozei. La plante există celuloza și amidonul iar la animale, glicogenul.

Rolul fiziologic al glucidelor

Ca orice principiu alimentar, glucidele îndeplinesc trei categorii de roluri:

Rol energetic. Prin oxidarea pînă la dioxid de carbon și apă a unui gram de glucoză se eliberează 4,1 Kcal.

Rol plastic. Glucidele participă la construcția unor structuri celulare și intercelulare.

Rol funcțional. O serie de glucide intră în molecula unor compuși biochimici, cu mare valoare biologică. Astfel, riboza și dezoxiriboza fac parte din structura acizilor nucleici. Molecule macroergice de ATP conțin riboză iar heparina, un anticoagulant natural, conține glucoză.

Căile metabolice ale glucidelor

Glucidele se absorb sub formă de monozaharide (pentoze și, în special, hexoze). Principalul glucid metabolizat în organism este glucoza. După absorbție aceasta ajunge, prin circulația portală, în ficat iar de aici trece în circulația generală de unde este preluată de toate celulele corpului. Concentrația glucozei în sînge (glicemia) are valoare constantă, de 100 mg la 100 ml plasmă. După mese, această concentrație crește puțin (hiperglicemie postprandială).

Glucoza este utilizată, în primul rînd, ca material energetic. Glucidele reprezintă o sursă energetică foarte convenabilă pentru organism deoarece ele sînt catabolizate integral pînă la dioxid de carbon și apă, substanțe netoxice, pe care organismul le poate elimina ușor. Catabolismul glucozei mai prezintă avantajul că, în faza metabolizării incomplete, dintr-o moleculă de glucoză poate fi generată o moleculă de acid citric, substanță cheie a ciclului Krebs.

La nivelul fiecărei celule, glucidele suferă reacții metabolice similare: catabolizare pînă la CO_2 și H_2O, polimerizare sub formă de glicogen, transformare în lipide. Aceste reacții prezintă o amploare deosebită la nivelul ficatului, a țesutului muscular și adipos, organe cu rol important în metabolismul hidraților de carbon.

Catabolismul glucozei (glicoliza) are loc în două etape (fig. 143).

— *Etapa întîia* se mai numește *glicoliza anaerobă* deoarece poate avea loc și în absența oxigenului. Ea corespunde etapei metabolizării incomplete a glucozei. Glicoliza începe cu fosforilarea glucozei și formarea esterului glucozo-6-fosfat, reacție catalizată de glucochinază. Urmează un șir de transformări chimice prin care, în final, din fiecare moleculă de glucoză, rezultă două molecule de *acid piruvic*. În absența oxigenului acesta este hidrogenat la *acid lactic*, produsul final al glicolizei anaerobe. Dacă celula nu primește oxigen, acidul lactic se acumulează, provoacă acidoză și blocarea glicolizei. În prezența O_2, acidul piruvic este transformat în acetil coenzima A (ac-CoA) și acid oxalo-acetic, metaboliți intermediari, indispensabili pentru faza următoare a degradării glucozei.

Etapa a doua, numită glicoliza aerobă, corespunde fazei metabolizării complete a glucozei și nu se poate desfășura în absența oxigenului. Este formată din ciclul lui Krebs

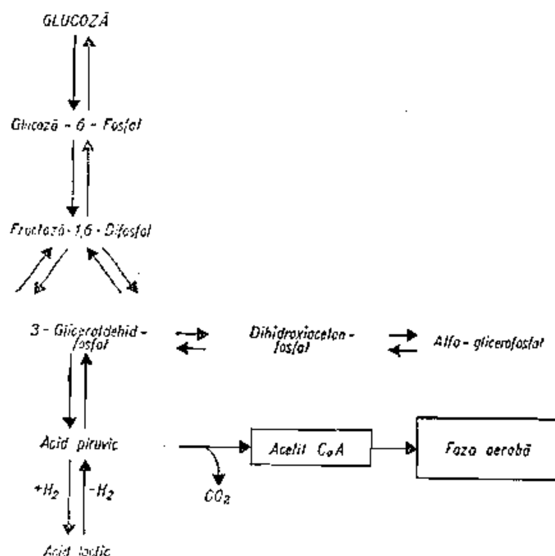


Fig. 143. Glicoliza.

și lanțul respirator celular ce reprezintă căi comune de oxidare a tuturor pricipiilor alimentare (fig. 144).

Ciclul lui Krebs începe cu formarea acidului citric, în urma condensării acetil CoA cu acidul oxalo-acetic. Acidul citric este degradat enzimatic în reacții succesive (în cursul cărora au loc decarboxilări și dehidrogenări), ce duc, în final, la regenerarea moleculei de acid oxalo-acetic. Acesta, împreună cu o nouă moleculă de acetil CoA, refac acidul citric și ciclul se reia. În urma decarboxilărilor rezultă CO_2 care difuzează în afara celulei și este transportat de sînge spre plămîni, pentru a fi eliminat. Reacțiile de dehidrogenare a compușilor ciclului Krebs sînt rezultatul acțiunii unor enzime oxido-reducătoare numite

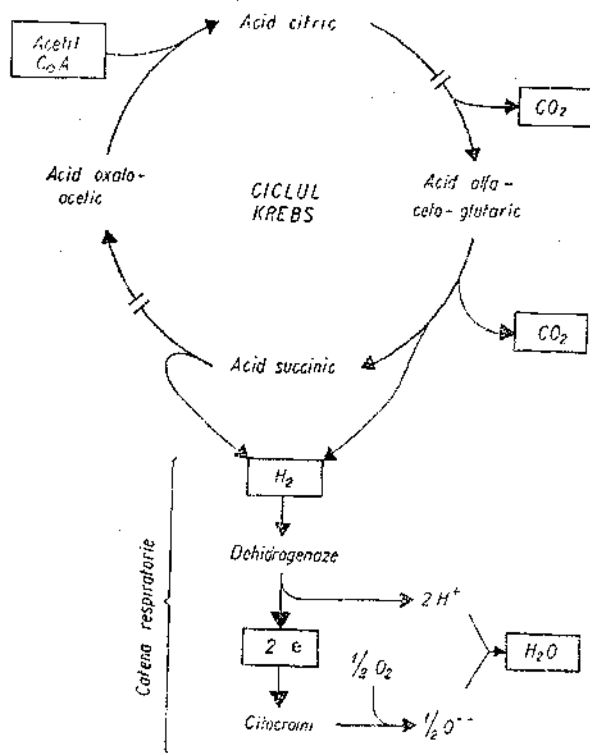


Fig. 144. Faza aerobă a glicolizei.

dehidrogenaze. Prin intermediul dehidrogenazelor atomii de hidrogen sînt transportați pe lanțul respirator celular. Acesta, în afară de dehidrogenaze, conține fermenți respiratori celulari, bogați în fier, numiți citocromi. Citocromii preiau numai electronul de pe atomul de hidrogen, eliberînd H^+ în mediul celular. La capătul lanțului de citocromi, perechi de electroni sînt trecute pe atomul de oxigen care se încarcă cu două valențe negative. Ultimul act al acestui proces este unirea oxigenului cu hidrogenii și sinteza moleculei de apă. Apa este produsul final al reacțiilor de oxido-reducere celulară.

Sediul glicolizei anaerobe este citoplasma iar al celei aerobe, mitocondriile.

Bilanțul energetic al glicolizei. Prin degradarea completă, pînă la CO_2 și H_2O a unui mol gram de glucoză (180 g) se eliberează 680 kilocalorii, din care circa 300 (deci 45%) se depozitează sub formă de moli de ATP iar 380 se pierd sub formă de căldură. În faza anaerobă se eliberează numai 50 kcal (cu formare de 2 moli ATP); restul energiei este generată în faza aerobă (cu formare de 36 moli ATP). O moleculă de ATP conține două legături fosfat macroergice, a 8 kcal fiecare. Molecula de acid lactic conține încă o mare cantitate de energie chimică. Acidul lactic generat în faza anaerobă este transportat de sînge la ficat, unde, în prezența oxigenului, are loc reconvertirea sa în acid piruvic. O cincime din acesta este oxidat pînă la dioxid de carbon și apă în ciclul lui Krebs și catena respiratorie iar restul de patru cincimi este utilizat pentru resinteza glucozei. Numărul relativ mare al reacțiilor care duc la degradarea substanțelor alimentare este necesar pentru eliberarea treptată a energiei lor chimice.

Gluconeogeneza. Reacțiile de degradare a glucozei din faza anaerobă se pot desfășura și în sens invers, dinspre metaboliții intermediari ai glicolizei înapoi la glucoză. Aceasta reprezintă *glucogeneza.* Dacă metaboliții intermediari respectivi provin din precursori neglucidici (lipide sau proteine), procesul de sinteză a glucozei se numește neoglucogeneză sau *gluconeogeneză.* Gluconeogeneza prezintă o mare importanță pentru organism, în special pentru țesutul nervos care este mare consumator de glucoză. În carențe glucidice alimentare sau în stări de inaniție organismul produce glucoză din cetoacizi (rezultați din dezaminarea aminoacizilor) și din glicerolul lipidelor. Princi-

palele organe în care are loc gluconeogeneza sînt ficatul și rinichiul. Acest proces este stimulat de hormonii glucocorticoizi, tiroidieni și de glucagon, și este inhibat de insulină.

Calea fosfogluconatului. Glicoliza reprezintă principala cale de degradare a glucozei. În afară de aceasta, glucoza mai poate fi catabolizată pe calea ciclului oxidativ al fosfogluconatului din care, în afară de energie, rezultă și o serie de substanțe donatoare de ioni de hidrogen necesari tuturor proceselor anabolice celulare.

Glicogenogeneza. Toate celulele corpului pot sintetiza glicogen, prin polimerizarea glucozei. Organele specializate în acest proces sînt ficatul și mușchiul. Ficatul conține 150 g glicogen, iar mușchii, 350 g. Aceasta este forma de depozit a glucozei. Sinteza glicogenului începe tot cu o reacție de fosforilare și formarea de ester glucozo-1-fosfat, care este transformat în uridin-difosfat glucoză iar sub acțiunea unor glicogen-sintetaze are loc glicogenogeneza. Ficatul poate produce glicogen și din fructoză și galactoză, pe care le convertește, în prealabil, în glucoză. Sinteza hepatică de glicogen crește în timpul absorbției glucidelor din intestin iar în celelalte țesuturi, în timpul hiperglicemiilor postprandiale. Glicogenogeneza este stimulată de insulină și de parasimpatic.

Glicogenoliza. Cînd glicemia crește, procesul de glicogenogeneză se intensifică iar cînd glicemia scade, glicogenogeneza încetează și se produce depolimerizarea glicogenului — glicogenoliza. Prin glicogenoliză fiecare celulă poate folosi propriile ei rezerve glucidice. Cu excepția celulei hepatice și musculare, rezervele celulare de glicogen sînt reduse încît majoritatea celulelor trăiesc pe seama glucozei sangvine. Un rol esențial în constanța glicemiei îl are ficatul care, prin glicogenoliză, asigură atît necesarul de glucoză pentru propriile celule cît și pentru restul corpului. Aceasta se explică în felul următor: glicogenoliza este inițiată enzimatic de fosforilaze active. Sub acțiunea lor, din macromolecula de glicogen se desprind molecule de glucozo-1-fosfat. Acestea pot fi recaptate în glicogen cînd glicemia este normală. În hipoglicemie, esterul glucozo-1-fosfat este transformat în ester glucozo-6-fosfat iar acesta, sub acțiunea unei fosfataze hepatice, este hidrolizat în acid fosforic și glucoză care iese din hepatocit și trece în sînge. Mușchiul nu are această fosfatază și nu poate furniza glucoză mediului intern. Activarea fosforilazelor hepatice se face sub acțiunea glucagonului, a adrenalinei și sub acțiunea sistemului nervos simpatic.

Lipogeneza. Glucidele pot fi convertite în grăsimi și depuse astfel sub formă de rezerve lipidice în țesuturi (fig. 145). Cînd aportul de glucide este excesiv, capacitatea celulelor de a se încărca cu glicogen este depășită iar surplusul de glucoză este transformat în lipide putînd duce la apariția obezității. Și în mod normal sinteza de trigliceride și depunerea lor ca rezerve nu poate avea loc în lipsa glucozei. Fenomenul se datorește faptului că trigliceridele nu se pot resintetiza din glicerol și acizi grași ci din alfa-glicero-fosfat (un metabolit intermediar al glicolizei anaerobe) și acizi grași. (Glucoza poate fi convertită și în acizi grași, prin intermediul acetil CoA). Lipogeneza din glucide se intensifică sub acțiunea insulinei care favorizează pătrunderea glucozei în celule.

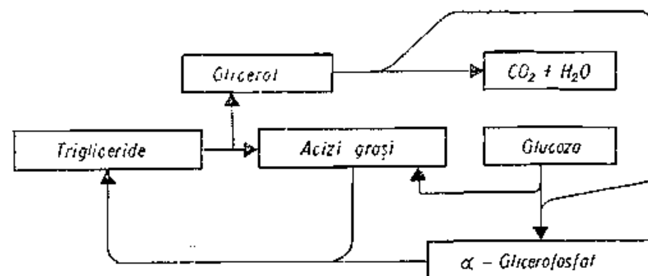


Fig. 145. Sinteza trigliceridelor din glucoză.

Reglarea metabolismului glucidic

Utilizarea celulară a glucozei este reglată prin mecanisme locale și generale. *Mecanismele locale* sînt reacții de autoreglare prin feedback biochimic. Creșterea concentrației de ADP intensifică glicoliza iar creșterea concentrației de ATP o frînează. *Mecanismele generale* de reglare sînt mult mai complexe. Ele se realizează cu participarea sistemului nervos și a glandelor endocrine. Elementul reglat este glucoza sangvină a cărei concentrație este menținută la valori stabile, prin intervenția unor mecanisme neuro-endocrine. Centrii glicoreglatori sînt localizați în hipotalamus. Ei sînt excitați direct de concentrația glucozei și de gradul ei de utilizare de către neuronii hipotalamici. Orice creștere a glicemiei pune în acțiune, prin feedback negativ, mecanisme hipoglicemiante care determină scăderea glicemiei, iar orice scădere a glicemiei, mecanisme de feedback negativ, cu efect hiperglicemiant (care cresc glicemia).

Hipoglicemia se produce sub acțiunea insulinei, epifizei și a parasimpaticului. Efect hipoglicemiant are efortul fizic și reducerea aportului alimentar de hidrați de carbon.

Hiperglicemia este produsă de glucagon, adrenalină, glucocorticoizi, hormonul somatotrop, tiroxina și sistemul nervos simpatic. Alimentația exagerată cu glucide are efect similar. Reglarea metabolismului glucidic se face în concordanță cu reglarea celorlalte metabolisme intermediare. Rol important are ficatul care, în caz de hiperglicemie, captează glucoza și o fixează sub formă de glicogen sau lipide iar în caz de hipoglicemie, alimentează mediul intern cu glucoză prin glicogenoliză și gluconeogeneză.

Tulburările metabolismului glucidic

Utilizarea glucozei la nivel celular depinde de insulină. Diminuarea sau absența secreției insulinice provoacă boala *diabet zaharat*, caracterizată prin scăderea depozitelor celulare de glicogen și lipide, hiperglicemie și glicozurie (eliminarea glucozei prin urină). Hipersecreția de insulină provoacă o exagerare a depozitării glucidelor în rezerve, o intensificare a glicolizei, însoțită de scăderea marcată a concentrației glucozei sangvine (hipoglicemie). Deoarece țesutul nervos utilizează preferențial glucoza drept combustibil iar neuronii nu au rezerve mari de glicogen, hipoglicemia afectează, în special, funcțiile sistemului nervos provocînd severe tulburări vegetative și de reglare a funcțiilor (transpirații, hipotensiune arterială), precum și de conștiință (leșin, comă hipoglicemică).

2. METABOLISMUL INTERMEDIAR AL LIPIDELOR

Generalități

Lipidele sînt substanțe organice alcătuite, ca și glucidele, din C, O și H dar, spre deosebire de acestea, conțin mult hidrogen și puțin oxigen. Unele lipide pot conține și fosfor. Din punct de vedere chimic, lipidele sînt esteri ai acizilor grași cu alcoolii superiori. Acizii grași întîlniți mai frecvent sînt acidul palmitic (16 atomi de carbon), oleic (18 atomi de carbon și o legătură nesaturată) și stearic (18 atomi de carbon). Alcoolul cel mai frecvent este glicerolul.

Lipidele sînt o clasă heterogenă de substanțe, insolubile în apă, solubile în solvenți organici (alcool, eter, benzen). Principalele lipide din organism sînt trigliceridele,

(grăsimile neutre) colesterolul și fosfolipidele. Sursele de lipide pot fi atît de origine animală (slănină, seu, untură) cît și vegetală (uleiuri).

Rolul fiziologic al lipidelor

Rolul energetic. Datorită abundenței atomilor de hidrogen din molecula lor, lipidele degajă prin ardere o mare cantitate de căldură. Un gram de grăsime catabolizată pînă la dioxid de carbon și apă, eliberează 9,3 kcal. Organismul folosește în egală măsură lipidele și glucidele ca material energetic. Metabolizarea lipidelor este dependentă de a glucidelor (lipidele ard la focul glucidelor). O altă caracteristică a rolului energetic al lipidelor este posibilitatea stocării energiei sub formă de rezerve lipidice. Față de rezervele glucidice care nu depășesc 0,5 kg, organismul poate acumula zeci de kilograme de grăsime. Catabolismul exagerat al lipidelor prezintă inconvenientul generării în exces a corpilor cetonici toxici. Țesutul nervos nu catabolizează lipide ci numai glucide. Cel mai important rol energetic îl au trigliceridele.

Rolul plastic. Lipidele intră în constituția tuturor membranelor celulare și intracelulare. Teaca de mielină a nervilor este foarte bogată în lipide. O serie de particularități ale permeabilității de membrană, ca: excitabilitatea, potențialul de repaus și de acțiune, se datoresc structurii lipidice a acestora. Cel mai important rol plastic îl au fosfolipidele.

Rolul funcțional. Lipidele de natură sterolică (colesterolul) reprezintă precursori ai acizilor biliari și ai hormonilor corticosuprarenali și sexuali. Unii acizi grași nesaturați (linolic, linolenic și arahidonic) nu pot fi sintetizați în organism, ei se numesc *acizi grași esențiali* și reprezintă vitamina F. Lipidele se depun sub piele și în jurul organelor interne, îndeplinind rol protector mecanic. Stratul subcutanat lipidic mai are rol de izolator termic în termoreglare iar abundența colesterolului în stratul cornos al epidermei o face impermeabilă la apă.

Căile metabolice ale lipidelor

Lipidele se absorb sub formă de acizi grași, monogliceride, colesterol și fosfolipide, toate alcătuind, împreună cu sărurile biliare, agregate plurimoleculare numite micelii. Glicerolul, fiind hidrosolubil, traversează ușor membrana enterocitului. *Primul act* al metabolismului lipidic are loc chiar în enterocit, care resintetizează trigliceridele din alfa-glicerofosfat și acizi grași, desfăcînd miceliile plurimoleculare, cu eliberarea lipidelor și a sărurilor biliare. După absorbție, majoritatea lipidelor iau calea limfatică, unde circulă sub forma unor particule lipoproteice, cu diametrul de 0,5 μ *(chilomicroni)*. O parte din acizii grași cu lanț scurt de atomi de carbon trec în sîngele port. Chilomicronii ajung în circulația sangvină la nivelul venei cave superioare. Datorită chilomicronilor, în fazele postprandiale plasma sangvină are aspect tulbure, lăptos. Ea se clarifică în cîteva ore sub acțiunea unei *lipoprotein-lipaze*, prezentă în toate țesuturile și, în special, în cel adipos. Această lipază hidrolizează trigliceridele din chilomicroni, favorizînd difuziunea glicerolului și a acizilor grași în interiorul celulelor. În fazele interprandiale trigliceridele, colesterolul și fosfolipidele circulă în sînge legate de proteinele plasmei, formînd lipoproteine. Concentrația acestora este de 700 mg la 100 ml plasmă. În sînge se mai găsesc și acizii grași neesterificați (acizii grași liberi — AGL), într-o concentrație de 10 mg la 100 ml plasmă.

Al doilea act al metabolismului intermediar lipidic are loc în celulele corpului, dar în special în celula grasă (adipocit) și celula hepatică. Principalele transformări suferite de lipide în organism sînt:

1. Depunere ca rezerve — adipogeneză (lipogeneză).
2. Catabolizare — lipoliză.
3. Cetogeneză.
4. Transformare în glucide — gluconeogeneză.

1. Lipogeneza. Sinteza lipidelor de rezervă are loc în ficat și țesutul adipos. Principala formă de depozit o reprezintă trigliceridele. Pentru sinteza acestora este nevoie de acizi grași și alfa glicerofosfat. Acizii grași provin din alimente sau sînt produși din glucide ori unii aminoacizi. Între grăsimile neutre plasmatice și cele de rezervă există un schimb permanent ce asigură constanța lipemiei. Cînd lipemia crește, are loc depunerea excesului de grăsimi ca rezerve tisulare, iar cînd scade, sînt mobilizate rezervele lipidice. Lipogeneza este condiționată de aportul glucidic. Cînd se consumă hidrocarbonate în cantități mari, excesul de glucoză este transformat în lipide de rezervă și are loc îngrășarea. În lipsa glucozei, lipogeneza încetează iar organismul consumă din rezervele lipidice proprii.

2. Lipoliza. Mobilizarea rezervelor lipidice se datorește unor lipaze tisulare activate de adrenalină, glucagon, tiroxină și sistemul simpatic. Sub acțiunea lipazelor are loc hidroliza trigliceridelor în acizi grași și glicerol. Aceștia trec în sînge și sînt utilizați de toate țesuturile, cu excepția țesutului nervos. Catabolismul glicerolului are loc pe calea glicolizei iar catabolismul acizilor grași, pe calea beta-oxidării sau spiralei Lynen. Beta-oxidarea corespunde etapei metabolizării incomplete a acizilor grași și constă din fragmentarea succesivă a acestora în molecule de acetil CoA, cu eliberare de energie. Acetatul activ este degradat în continuare, pe calea comună, oxidativă, a ciclului Krebs și catenei respiratorii, pînă la dioxid de carbon și apă, cu eliberarea unei mari cantități de energie. Din catabolismul unui mol de acid stearic rezultă circa 2 500 kcal, din care 1 200 se înmagazinează în 146 moli ATP. Energia eliberată de acizii grași depinde de lungimea lanțului acestora. Atît sinteza cît și degradarea acizilor grași are loc la nivelul mitocondriilor.

3. Cetogeneza. O particularitate a catabolismului lipidic este geneza corpilor cetonici (acidul acetil-acetic, acetona etc.), substanțe acide cu efect toxic în concentrație mare. În mod normal, corpii cetonici se află în concentrație redusă și îndeplinesc roluri metabolice la nivel celular. Pot fi degradați prin cetoliză pînă la dioxid de carbon, apă și energie, proces mai puțin intens la nivelul ficatului dar prezent în toate celulele corpului. Cetogeneza se intensifică proporțional cu catabolismul acizilor grași. În diabet sau în inaniție, utilizarea excesivă a acizilor grași duce la creșterea corpilor cetonici în sînge. Are loc acidifierea mediului intern (ceto-acidoza).

4. Gluconeogeneza. Așa cum s-a arătat la metabolismul intermediar al glucidelor, celula hepatică și adipoasă pot sintetiza glucoză din glicerolul lipidelor, folosind energia rezultată din catabolismul acizilor grași.

Reglarea metabolismului intermediar lipidic

Se face prin mecanisme neuro-umorale complexe care reglează și metabolismul intermediar glucidic. Acest lucru este explicabil, date fiind numeroasele intersecții ale acestor două metabolisme. Factorul principal care dinamizează metabolismul lipidic și glucidic este reprezentat de nevoile energetice ale organismului.

3. METABOLISMUL INTERMEDIAR AL PROTEINELOR

Generalități

Proteinele sînt substanțe organice formate din carbon, oxigen, hidrogen și azot; unele mai conțin fosfor și sulf. Unitățile elementare de construcție a proteinelor sînt aminoacizii. Aminoacizii derivă din acizii grași cu lanț scurt. Sursele de proteine pot fi de origine animală (carne, pește, ouă, lactate) sau vegetală (pîine, fructe, legume). La nivelul tubului digestiv proteinele sînt hidrolizate, sub acțiunea fermenților proteolitici, pînă la aminoacizi, formă sub care se absorb.

Rolul fiziologic al proteinelor

Rol energetic. Proteinele pot fi utilizate ca sursă energetică. Organismul apelează la energia aminoacizilor numai în condiții particulare, cînd nu are sau nu poate utiliza glucoza. Prin arderea unui gram de proteine în bomba calorimetrică rezultă 5,3 kcal dar în organism numai 4,1. Această diferență se explică prin incompleta metabolizare a proteinelor în organism. Astfel, ureea, acidul uric, creatinina și alți produși finali ai catabolismului proteic mai conțin în molecula lor o importantă cantitate de energie, care nu poate fi utilizată. Un alt inconvenient al folosirii proteinelor în scopuri energetice este reprezentat de efectul toxic al unor produși intermediari ai catabolismului proteic (amoniac, indol, fenol, corpi cetonici).

Rol plastic. Proteinele sînt substanțe plastice prin excelență. Toate structurile vii conțin din abundență proteine. Viața însăși nu poate avea loc în lipsa acestora.

Rol funcțional. Proteinele și aminoacizii care provin din ele, îndeplinesc numeroase roluri funcționale:

a. Rol de fermenți. Toate enzimele sînt proteine și toate reacțiile metabolice sînt enzimatice.

b. Rol de pigmenți respiratori ai sîngelui (hemoglobina) și ai țesuturilor (citocromii).

c. Rol de anticorpi — gamaglobulinele plasmatice.

d. Rol în coagularea sîngelui — factorii plasmatici ai coagulării.

e. Rol în geneza presiunii coloid-osmotice, importantă în formarea urinii și în schimburile capilar-țesut.

f. Rol în contracția musculară — proteinele contractile.

g. Rol de sisteme tampon în reglarea echilibrului acidobazic.

h. Rol de precursori ai ciclului Krebs. Unii aminoacizi (acidul glutamic, acidul aspartic, alanina etc.) pot intra direct în ciclul Krebs, asigurînd astfel energogeneza celulară.

i. Rol de precursori ai aminelor biogene. Prin decarboxilarea unor aminoacizi rezultă amine biogene cu activitate biologică mare: din histidină rezultă histamina iar din triptofan, serotonina.

Căile metabolice ale aminoacizilor

După absorbție, aminoacizii ajung, pe cale portală, în ficat iar de aici în circulația sangvină generală. Aminoacidemia este de 50 mg la 100 ml plasmă. În ficat, ca și

în restul organelor, aminoacizii pot urma două căi metabolice:

1. Calea sintezei de proteine și de alte substanțe.

2. Calea degradării catabolice.

Biosinteza proteinelor. Fiecare celulă își sintetizează proteinele proprii. Pe această bază este asigurată reînnoirea permanentă a componentelor celulare, repararea structurilor uzate, creșterea și diviziunea celulară, stocarea de informații sub formă de memorie etc. Unele celule (hepatice, glandulare) au proprietatea de a produce și proteine pentru „export". Ficatul sintetizează proteinele plasmatice, glandele exocrine, proteinele enzimatice iar cele endocrine, proteine-hormoni. Zilnic, în organism se reînnoiesc 500 g proteine, ceea ce înseamnă că după circa 100 zile, toate proteinele sînt noi.

Sediul celular al sintezei proteice sînt reticulul citoplasmatic rugos și ribozomii. Tiparul (matricea) după care este sintetizată proteina are o mare specificitate. El este elaborat la nivelul nucleului, printr-un proces de transcripție a informației genetice de pe molecula de ADN pe cea de ARN-mesager. Fiecare proteină se produce după modelul adus în citoplasmă de către ARN mesager. Ordinea în care se vor lega aminoacizii în lanțul viitoarei proteine, este prescrisă sub forma codului genetic. Poziția fiecărui aminoacid se află cifrată la nivelul moleculei de ARN-mesager, sub forma unui număr de trei nucleotide — triplete. În citoplasmă se mai află molecule specifice de ARN-solubil care „recunosc", leagă și transportă diferiți aminoacizi. ARN solubil, purtător al unui anumit aminoacid, „recunoaște" codul de pe lanțul de ARN-mesager și se dispune la locul corespunzător. În felul acesta, prin alinierea într-o succesiune strict determinată a moleculelor de ARN-solubil, rezultă alinierea într-o secvență precisă a aminoacizilor purtați de aceștia. Sub acțiunea unor enzime, aminoacizii vecini se unesc prin legături peptidice și, cînd lanțul este complet, molecula proteică nou formată este eliberată. Datorită acestui mecanism de sinteză potrivit codului genetic, macromoleculele proteice au personalitate biochimică, prezintă un mare grad de specificitate. Pătrunderea în organism a unor proteine străine determină riposta aparatului imun al gazdei, care „recunoaște" molecula străină (non self) și determină sinteza de anticorpi specifici care neutralizează sau distrug agentul străin.

Biosinteza proteică, fiind un proces anabolic, folosește energia provenită din hidroliza ATP. În afară de participarea la sinteza proteică, unii aminoacizi pot fi utilizați ca precursori ai glucidelor (gluconeogeneza). Aminoacizii care pot fi transformați în glucoză se numesc *glucoformatori* (acidul glutamic, acidul aspartic, alanina, etc.). Aceștia, mai întîi sînt introduși în ciclul Krebs unde sînt transformați în acid oxaloacetic, de la care, prin inversarea reacțiilor glicolizei, este resintetizată glucoza. Ficatul și rinichii sînt sedii de gluconeogeneză. Din 100 g proteine pot rezulta 60 g glucoză. Toți hormonii care cresc catabolismul proteic, stimulează gluconeogeneza (tiroxina, glucocorticoizii).

Unii aminoacizi sînt precursori de hormoni medulosuprarenali și tiroidieni (fenilalanina).

Lipogeneza din proteine reprezintă o altă cale de utilizare a aminoacizilor. Inițial, aminoacizii sînt degradați pînă la stadiul de alfa cetoacizi și corpi cetonici (aminoacizi *cetogeni*). Corpii cetonici pot fi catabolizați pînă la dioxid de carbon, apă și energie sau pot fi transformați în acizi grași. Din unii aminoacizi ficatul sintetizează *creatina* care leagă macroergic acidul fosforic, trecînd în creatin fosfat (CP). Această substanță se depune, în cantitate mare, la

nivelul fibrei musculare și a țesutului nervos asigurînd, prin descompunerea ei, energia necesară refacerii moleculelor de ATP. Din două molecule de creatină rezultă creatinina, produs final al metabolismului creatinei, care se elimină prin urină.

1. ATP ⟶ ADP + P + Energie

2. CP + ADP ⟶ ATP + C

3. C + C ⟶ Creatinină

Catabolismul proteic (fig. 146). Degradarea proteinelor se face în două etape. *O primă etapă* este descompunerea hidrolitică a macromoleculei proteice în aminoacizii componenți. Aceste reacții au loc în tubul digestiv și în interiorul oricărei celule. Hidroliza digestivă a proteinelor este opera fermenților proteolitici locali; hidroliza proteică celulară este realizată de proteaze tisulare conținute în lizozomi. Aminoacizii rezultați intră în fondul metabolic comun al aminoacizilor. *A doua etapă* a degradării proteinei constă în catabolismul aminoacizilor. Ca și în cazul glucozei sau al acizilor grași, catabolismul aminoacizilor începe cu o fază de degradare pe căi specifice și continuă cu faza finală de degradare pe cale oxidativă, comună tuturor substanțelor nutritive. Catabolismul specific al aminoacizilor constă din trei tipuri de reacții: dezaminarea oxidativă, decarboxilarea și transaminarea.

a. Dezaminarea constă din descompunerea aminoacidului în amoniac și alfa cetoacid. Amoniacul este o substanță foarte toxică. El ajunge, pe cale sangvină la ficat, unde este transformat în uree, substanță netoxică. Ureogeneza reprezintă o funcție antitoxică a ficatului. Zilnic sînt produse 10—20 g uree, care se elimină prin urină. Creierul are un mecanism suplimentar de dezintoxicare. Amoniacul rezultat din catabolismul aminoacizilor din

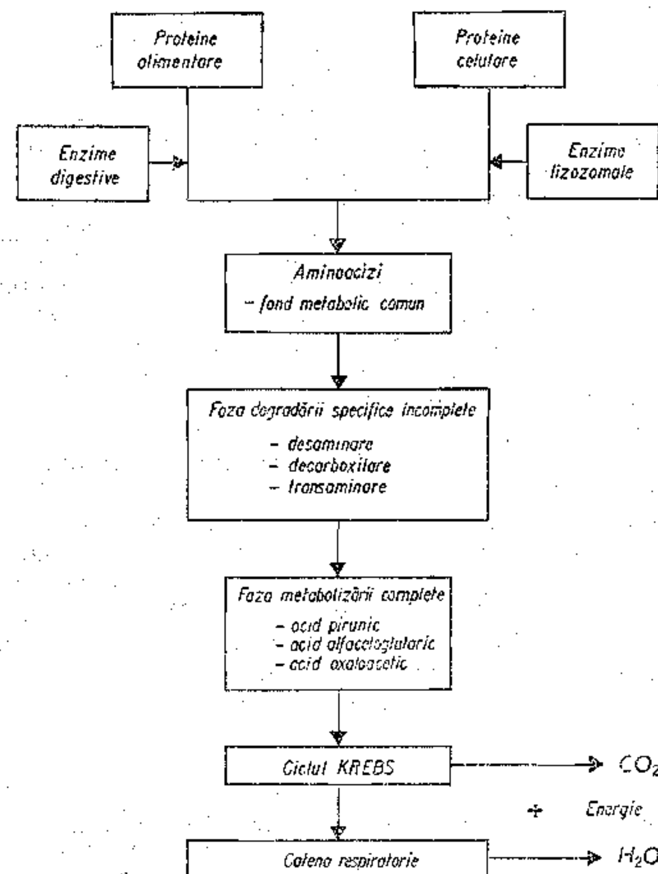


Fig. 146. Catabolismul proteinelor.

neuroni, este legat de acidul glutamic care se transformă în glutamină, substanță netoxică ce transportă amoniacul pînă la rinichi. În tubul contort distal, glutamina este desfăcută în amoniac care este secretat în urină iar acidul glutamic eliberat se reîntoarce la creier, asigurînd transportul unor noi molecule de amoniac. Alfa cetoacidul poate fi catabolizat în ciclul Krebs pînă la dioxid de carbon, apă și energie sau poate lua calea gluconeogenezei, a lipogenezei sau a resintezei unui nou aminoacid.

b. Decarboxilarea constă din îndepărtarea moleculei de CO_2 și transformarea aminoacizilor în *amine biogene*. Unele amine au rol de mediatori chimici (histamina, serotonina). Decarboxilarea aminoacizilor are loc și în intestinul gros, sub acțiunea unor enzime ale florei de putrefacție.

c. Transaminarea constă din transferul unei grupări NH_3 de la un aminoacid sau de la glutamină pe un alfa cetoacid, cu sinteza unui nou aminoacid. Peste jumătate din aminoacizii din corp pot fi sintetizați de către celule în acest mod. Reacțiile sînt catalizate de enzime numite transaminaze. Unii aminoacizi (triptofanul, arginina, histidina, fenilalanina, etc.) nu au în organism alfa cetoacidul precursor. Neputînd fi sintetizați prin transaminare, ei trebuie ingerați cu alimentele și de aceea se numesc aminoacizi esențiali.

Etapa finală a catabolismului aminoacizilor se produce în ciclul Krebs și catena respiratorie. Aminoacizii pătrund în ciclul Krebs sub formă de acid alfa-cetoglutaric, acid oxaloacetic sau acid piruvic. Unii aminoacizi cu nucleu hexagonal, pentagonal sau heterociclic (triptofan, fenilalanina) nu pot fi oxidați complet. Partea ciclică din molecula lor generează cataboliți toxici ca indolul (din triptofan) sau fenolul (din fenilalanină). Aceste substanțe sînt neutralizate de ficat sau rinichi prin procese de conjugare cu sulful și cu glicocolul și eliminate apoi în urină.

Reglarea metabolismului intermediar proteic

Biosinteza proteinelor celulare este guvernată de legi genetice și are un înalt grad de autonomie. Catabolismul proteic este, de asemenea, reglat la nivel celular, prin mecanisme de feedback enzimatic. Factorii de reglare supracelulară, la nivelul întregului organism, sînt reprezentați de sistemul nervos vegetativ, cu centrul în hipotalamus și de sistemul endocrin.

Reglarea nervoasă asigură menținerea echilibrului dintre procesele anabolice și catabolice. Stimularea hipotalamusului posterior intensifică procesele oxidative, catabolice iar a celui anterior, anabolismul proteic.

Reglarea umorală se realizează sub influența hormonilor anabolizanți și catabolizanți. Efect anabolizant proteic are hormonul somatotrop, aldosteronul, insulina și hormonii sexuali. Efect catabolizant proteic au corticotropina, hormonii glucocorticoizi și hormonii tiroidieni în cantitate crescută. Efectul catabolizant nu trebuie interpretat în sens exclusiv destructiv. Sub acțiunea hormonilor catabolizanți crește fondul metabolic al aminoacizilor. Aceasta permite atît transformarea proteinelor în alte substanțe cît și resinteza de proteine din excesul de aminoacizi. Procesele anabolice și catabolice se află într-un echilibru dinamic. În copilărie, anabolismul proteic este foarte intens, asigurînd creșterea și dezvoltarea organismului. La bătrîni, procesele anabolice, de refacerea uzurilor celulare, diminuă. Reacțiile catabolice generatoare de energie sînt intense și în copilărie, în special al glucidelor și lipidelor. La bătrîni se intensifică și catabolismul proteic.

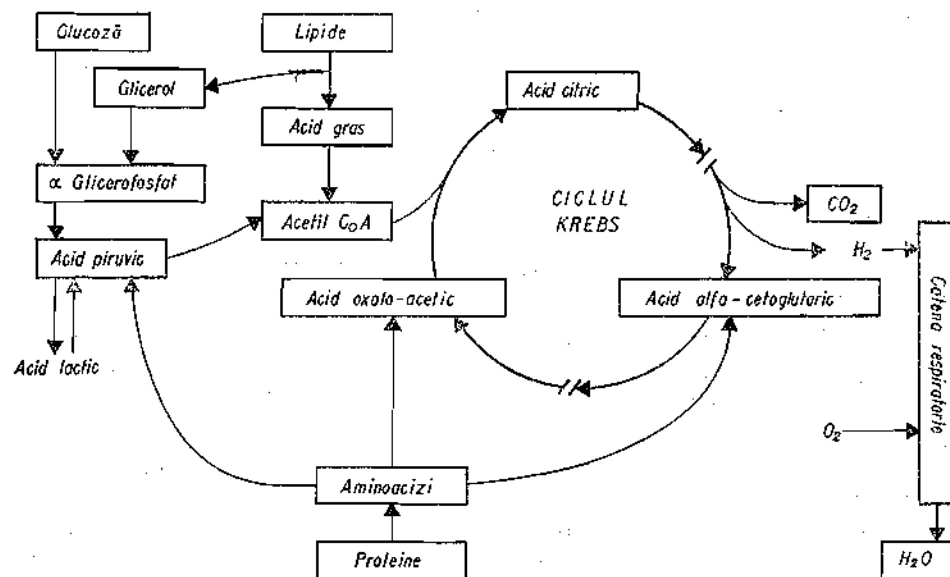


Fig. 147. Interrelațiile metabolismelor intermediare.

Datorită interrelațiilor metabolice la nivel celular, reglarea metabolismului proteic este corelată cu reglarea metabolismului lipidic și glucidic (fig. 147).

4. METABOLISMUL ENERGETIC

Generalități

Viața se opune principiului al 2-lea al termodinamicii. În organismele vii entropia nu crește ci staționează sau scade (negentropie). Conservarea structurilor și perfecționarea lor, refacerea uzurilor, necesită multă energie pe care sistemele vii o preiau din mediul înconjurător, sub formă de legături chimice ale macromoleculelor și o redau mediului sub formă de căldură.

Metabolismul energetic studiază geneza și utilizarea energiei chimice a substanțelor alimentare. Energia este eliberată la nivelul celulelor (în special în mitocondrii) prin reacții de oxidare a lipidelor și glucidelor, uneori și a proteinelor. Această energie este înmagazinată, mai întîi sub forma unor noi legături chimice, bogate în energie (legături fosfat macroergice de ATP și CP). Fiecare celulă folosește ATP ca sursă primară de energie, pentru îndeplinirea funcțiilor sale caracteristice: contracție musculară, transport prin membrane, excitabilitate și conductibilita-

te, activitate secretorie, transmitere sinaptică, termoreglare. Celulele acționează ca adevărați transformatori ai energiei chimice a substanțelor în energie mecanică, electrică, calorică, osmotică.

Determinarea metabolismului energetic

Deoarece toate transformările energetice din orice sistem duc, în final, la apariția de energie calorică, schimburile energetice organism-mediu pot fi evaluate prin calorimetrie și exprimate în calorii. Metodele calorimetrice pot fi directe și indirecte.

Calorimetria directă constă din măsurarea căldurii degajate de un organism viu într-un interval de timp. Se folosesc camere calorimetrice. Producția calorică a organismului este evaluată cu ajutorul unor sisteme termoelectrice. Metoda este costisitoare dar foarte precisă.

Calorimetria indirectă se bazează pe faptul că toată producția calorică a organismului provine din reacții de oxidare. În organism, ca și în bomba calorimetrică, alimentele sînt „arse" în prezența oxigenului care se consumă. În organism arderile sînt mult mai lente, au loc în etape succesive iar energia se eliberează treptat. Prin determinarea consumului de oxigen într-un interval de timp se poate calcula calorigeneza corespunzătoare. Trebuie să cunoaștem puterea calorică (echivalentul caloric) a oxigenului și volumul de oxigen consumat de organism Spre exemplu, în 10 minute, un individ în repaus consumă 3 litri de oxigen. Știind că un litru de oxigen, prin oxidarea alimentelor, eliberează 4,83 kcal, obținem prin calcul o calorigeneză de 14,49 kcal/10 minute, ceea ce înseamnă circa 90 kcal pe oră și 2 100 kcal în 24 ore. Cifra de 4,83 reprezintă valoarea medie a coeficientului, deoarece, 1 litru oxigen generează mai multă căldură cînd oxidează glucide și mai puțină, cînd arde lipide sau proteine. Explicația rezidă în proporția mai mare a oxigenului în molecula glucidelor față de celelalte alimente. Pentru a calcula mai exact, este necesară cunoașterea substratului alimentar „ars" în momentul determinării consumului de O_2. Acest lucru se poate afla prin determinarea coeficientului respirator care reprezintă raportul dintre volumul de CO_2 degajat și de O_2 consumat în cele 10 minute:

$$C.R. = \frac{CO}{O_2}$$

Valoarea C.R. variază între 0,7, cînd în organism s-au ars exclusiv lipide, 1 cînd s-au ars exclusiv glucide și 0,8 pentru proteine.

Metoda calorimetrică indirectă prezintă avantajul simplității.

Metabolismul energetic de bază (metabolismul bazal)

Fiecare organism prezintă două feluri de cheltuieli energetice: cheltuieli fixe, minime, necesare menținerii funcțiilor vitale (respirație, circulație, activitatea sistemului nervos) și cheltuieli variabile, în funcție de activitatea musculară, digestivă sau termoreglatoare. Primele, reprezintă metabolismul bazal și ultimele, metabolismul energetic variabil. Metabolismul bazal se determină în anumite condiții speciale:

1. Repaus fizic și psihic.
2. Repaus digestiv de 12 ore și post proteic de 24 ore. Ingestia de proteine crește metabolismul bazal cu 30%, fenomen denumit *acțiunea dinamică specifică a proteinelor* (ADS).
3. Repaus termoreglator. Determinarea se face la o temperatură ambiantă de confort, astfel ca organismul să nu facă efort nici împotriva căldurii și nici a frigului.
4. Stare de veghe.

Metoda de determinare este calorimetrică indirectă. Consumul caloric obţinut se exprimă în kcal pe 24 ore (valoarea medie normală este de 1 500 kcal) sau în kcal pe metru pătrat de suprafaţă corporală şi pe oră (valoarea normală este de 40 kcal). Valorile obţinute se compară cu valorile ideal standard pentru indivizii de acelaşi sex, vîrstă, înălţime şi greutate şi se exprimă în procente faţă de aceste valori. Normal, metabolismul bazal al unui individ nu trebuie să varieze cu mai mult de +15% şi mai puţin de —10% faţă de valoarea standard.

Metabolismul bazal variază în funcţie de numeroşi factori fiziologici: vîrsta — este mai mare la tineri; sex — este mai mare la bărbaţi; felul de viaţă — este mai mare la sportivi şi muncitorii fizici; zona climatică — este mai mare în zonele reci faţă de cele tropicale etc. Variază şi în stări patologice, fiind crescut în hipertiroidism, în hiperfuncţia hipofizei şi a medulosuprarenalei şi scăzut în hipofuncţie tiroidiană, precum şi la vegetarieni.

Metabolismul energetic variabil

Cheltuielile energetice ale organismului pot creşte de 10—20 de ori faţă de cele bazale, în cursul eforturilor fizice. Munca fizică necesită multă energie, care trebuie acoperită prin consum sporit de alimente energetice. În raport cu gradul efortului fizic prestat, cheltuielile energetice se clasifică în 5 categorii:

1. Cheltuieli energetice de repaus — reprezintă consumul de calorii necesar termoreglării, digestiei şi activităţii intelectuale; este de 2 500 Kcal/24 ore.

2. Cheltuieli energetice din efortul fizic uşor — munca de birou, dactilografia, desenul; reprezintă 3 000 kcal/24 ore.

3. Cheltuieli energetice din efortul fizic mediu — croitori, cizmari, şoferi de autoturisme; este de 3 500 kcal/24 ore.

4. Cheltuieli energetice în efortul fizic greu — şoferi pe basculante, tractorişti, dulgheri; reprezintă 4 000—4 500 kcal pe 24 ore.

5. Cheltuieli energetice în efortul fizic foarte greu — — munca minerilor, a siderurgiştilor, cositul manual. Este de 5 000 kcal/24 ore.

5. TERMOREGLAREA

Animalele cu temperatura corpului constantă, indiferent de variaţiile temperaturii exterioare, se numesc *homeoterme*. Homeotermia se menţine datorită unor mecanisme de reglare care asigură un echilibru permanent între producerea căldurii (termogeneză) şi pierderea ei (termoliză). Acest echilibru este deplasat într-o parte sau alta, în funcţie de temperatura ambiantă. Cînd organismul homeoterm se află în mediu rece, are loc o intensificare a termogenezei şi o reducere a termolizei. În condiţiile de mediu cald, ponderea celor două procese se inversează.

Mecanismele termogenezei. La baza termogenezei stau reacţiile catabolice, de oxido-reducere celulară. Termogeneza este proporţională cu consumul de oxigen. Uzinele termice ale celulei sînt mitocondriile. Toţi hormonii care stimulează consumul de oxigen cresc termogeneza. Tiroida este considerată glanda termogenetică a organismului. Activitatea ei creşte iarna şi diminuă vara, este mai intensă la populaţiile din zonele temperate şi reci şi mai redusă la cele din zonele tropicale. Hormonii medulosuprarenalei şi sistemul nervos simpatic au, de asemenea, rol termogenetic. Cînd nevoia de căldură este mare, la procesul de termogeneză participă şi muşchii scheletici, prin *frisonul*

termic. Încălzirea corpului este rezultatul termogenezei din fiecare celulă. Cei mai mari producători de căldură sînt ficatul și inima în condiție de repaus și mușchii scheletici prin frison sau activitate voluntară.

Mecanismele termolizei. Pierderea de căldură se bazează mai ales pe mecanisme fizice, de schimb termic între organism și mediu. Transferul de energie calorică dinspre organism spre corpurile din jur are loc prin 4 mecanisme:

1. Iradierea, reprezintă pierderea de căldură sub formă de raze infraroșii, pe care le emite organismul.

2. **Conducția,** reprezintă pierderea de căldură prin contact direct între suprafața corpului și obiectele din jur.

3. Convecția, reprezintă pierderea de căldură prin încălzirea moleculelor de gaz sau lichid ce se deplasează pe suprafața corpului.

4. Ultima modalitate termolitică este **evaporarea** sudorii de la suprafața corpului, prin care se pot pierde importante cantități de căldură.

Pierderi neimportante de căldură se realizează și prin respirație, urină și materii fecale. Ponderea diferitelor mecanisme termolitice variază în funcție de temperatura ambiantă. Cînd aerul și obiectele din jurul nostru au o temperatură inferioară temperaturii medii cutanate (30°C), termoliza se realizează prin iradiere, conducție, convecție. Cînd temperatura exterioară este mai mare decît temperatura medie cutanată, aceste trei modalități termolitice devin ineficiente și chiar dăunătoare, transformîndu-se în mecanisme de supraîncălzire. Singurul mecanism termolitic eficient rămîne evaporarea sudorii. Cantitatea de sudoare ce se pierde în cursul expunerii în mediu hipertermic poate crește de la valori normale de 1,5 l la 12 l în 24 ore.

Mecanismele termoreglării. Menținerea constantă a temperaturii corpului se datorește activității centrilor termoreglatori din hipotalamus. La acest nivel se află centri termogenezei (în hipotalamusul posterior) și ai termolizei (în hipotalamusul anterior). Stimularea primului intensifică mecanismele termogenetice (cresc oxidările celulare, crește tonusul muscular, apare frisonul termic) iar stimularea celuilalt, intensifică mecanismele termolitice (vasodilatație cutanată care aduce sînge cald la suprafața corpului, crescînd iradierea, stimularea secreției sudorale etc.). Centrul termolitic exercită control inhibitor asupra celui termogenetic. Activitatea centrilor termoreglatori este influențată pe două căi:

a. Calea directă, prin temperatura sîngelui ce irigă centrul termolitic. Creșterea cu 0,1°C a temperaturii sîngelui peste valoarea normală (37°C) intensifică procesele termolitice și inhibă centrul termogenetic; scăderea cu aceeași valoare a temperaturii sîngelui ce irigă centri hipotalamici, reduce activitatea centrului termolitic și permite manifestarea activității centrului termogenetic.

b. Calea reflexă, prin stimularea termoreceptorilor cutanați. Creșterea temperaturii cutanate cu 0,5°C activează termoliza iar scăderea similară, activează mecanismele termogenetice (creșterea tonusului muscular, vasoconstricție cutanată, frison). Distrugerea centrului termolitic face animalul incapabil să se adapteze la hipertermie; distrugerea centrului termogenetic suprimă capacitatea de adaptare a animalului la frig. Între centri termoreglatori și cei alimentari (foame și sațietate) există relații funcționale. În condiții de mediu rece sînt stimulați și centri foamei, care determină o ingestie suplimentară de material energetic; în mediu hipertermic ingestia de alimente diminuă, ca urmare a stimulării centrului sațietății.

Activitatea termoreglatorie se însoțește de modificări ale funcției cardiovasculare, respiratorii și digestive. Aparatul cardiovascular asigură transportul prin sînge a căldurii de la interior spre exterior, în timpul luptei cu supraîncălzirea, și de la suprafața corpului spre teritoriile

profunde, în timpul luptei cu frigul. Vasodilatația cutanată încălzește pielea, favorizînd pierderile de căldură iar vasoconstricția cutanată răcește pielea și conservă căldura corpului. La unele animale care nu transpiră (cîini) termoliza se realizează mai ales prin intensificarea respirației (polipnee termică) iar la altele (șobolani) răcirea corpului se realizează prin evaporarea salivei secretată în exces și depusă de animal pe suprafața blănii.

XXVII. VITAMINELE

Vitaminele sînt substanțe organice indispensabile metabolismului celular. Nu pot fi sintetizate de organismul uman. Sînt active în cantități infime, jucînd rol de biocatalizatori (alături de enzime și hormoni), în reglarea proceselor metabolice.

Vitaminele sînt ingerate fie ca atare, fie sub formă inactivă de provitamine.

Prima vitamină a fost descoperită în 1911 de către C. Funk (Vitamina B_1). El a constatat că porumbeii alimentați cu un regim artificial, echilibrat caloric, din care însă lipseau cojile de cereale, prezentau, după o vreme, tulburări grave, nervoase și musculare. Aceste tulburări dispăreau dacă se administra, animalelor de experiență, un supliment de tărîțe de grîu sau de orez.

Principalele vitamine din rația alimentară a omului sînt redate în tabelele următoare:

Vitamine hidrosolubile

Nr. crt.	Denumirea și sinonime	Surse în natură	Rol fiziologic principal	Boli consecutive carenței
1	2	3	4	5
1	**Vitamina B_1=** Tiamina, aneurina	— tărîța cerealelor, — drojdie, — ouă, ficat	— coenzima — decarboxilazelor	— beri-beri; — paralizii; — spasme
2	**Vitamina B_2=** Riboflavina	„	— coenzima unor dehidrogenaze; — rol în oxidoreducerea celulară	— leziuni epiteliale și mucoase
3	**Vitamina B_6=** Piridoxina, adermina	„	— coenzima transaminazelor	— tulburări cutanate, în special la extremități
4	**Vitamina PP=** Antipelagroasă, nicotinamida	— carne, ouă, ficat, lapte	— coenzima unor dehidrogenaze — rol în oxidarea biologică	— tulburări ale epiteliilor (dermatită) — tulburări nervoase (Lemență)

1	2	3	4	5
				— tulburări digestive (diaree) — semne întîlnite în pelagră
5	**Vitamina B_{12}=** Antianemică, cobalamina	— ficat, rinichi, splină	— stimulează hematoporeza şi biosinteza proteică	— anemie pernicioasă
6	**Vitamina C=** Acid ascorbic Vitamina antiscorbutică	— legume şi fructe proaspete — ouă, lapte, ficat	— stimulează procese de oxidoreducere celulară; — creşte rezistenţa la infecţii — creşte capacitatea de efort fizic — protejează endoteliul vaselor	— scorbut, hemoragii cutanate şi mucoase, anemie
7	**Vitamina P=** vitamina permeabilităţii	— Aceleaşi ca şi vitamina C	— menţine permeabilitatea şi integritatea capilarelor	— ca şi în carenţa de vitamina C

Vitamine liposolubile

Nr. crt.	Denumirea şi sinonime	Provitamina	Surse în natură	Rol fiziologic principal	Boli consecutive carenţei
1	2	3	4	5	6
1	**Vitamina A=** Axeroftol	— caroten, activat în ficat şi intestin	— Uleiuri vegetale, grăsimi animale, morcovi, ouă, ficat	— pigment vizual; — protecţia epiteliilor	— nictalopie, tulburări de adaptare la întuneric — xeroftalmie, uscarea şi ulcerarea corneei

1	2	3	4	5	6
2	**Vitamina D=** Antirahitică	— dehidro-colesterol activat în piele sub acțiunea razelor U.V. — Colecalciferol, activat în ficat și în rinichi sub acțiunea parathormonului	— „ —	— reglarea metabolismului fosfocalcic; — favorizează mineralizarea osului. ralizarea osului — crește absorbția ca în intestin	— la copil, rahitismul — la adult, osteomalacie
3	**Vitamina E=** Tocoferol, vitamina fertilității	Nu	— Ca și la vitamina A, în plus germeni de semințe	— stimulează buna funcționare a aparatului genital	— sterilitate la bărbat — avort la femeie
4	**Vitamina K=** Antihemoragică	Nu	— Leguminoase verzi (K_1) — Sintetizată de flora de fermentație (K_2)	— participă la sinteza protrombinei și a altor factori de coagulare, la nivelul ficatului	— sindrom hemoragic
5	**Vitamina F=** Acizi grași esențiali	Nu	— Uleiuri — Grăsimi	— reglarea funcțiilor sexuale — protecția epiteliilor	— leziuni cutanate și mucoase — tulburări sexuale

XXVIII. APARATUL GENITAL FEMININ

1. OVARUL

Situat în cavitatea pelviană, este un organ pereche, cu funcție mixtă, exocrină, producînd ovulele și endocrină, secretînd doi hormoni: foliculina și luteina (progesteronul). Are forma unui ovoid turtit, 6—8 g, cu diametrul mare de 3—5 cm. Prezintă două fețe, două margini și două extremități. Fața laterală se află pe peretele lateral al cavității pelviene, în fosa ovariană, fața medială este acoperită de pavilionul trompei. Marginea anterioară dă inserție mezoovarului (plică peritoneală) care unește ovarul cu ligamentul lat al uterului; aici se găsește hilul ovarului, ce conține elemente vasculare și nervoase. Marginea posterioară (liberă) este mai groasă. Extremitatea su-

perioară (tubară) dă inserție ligamentului suspensor al ovarului și celui tubo-ovarian, iar extremitatea inferioară (uterină) dă inserție ligamentului propriu al ovarului.

Structură. Ovarul este acoperit la suprafață de un epiteliu simplu, sub care se găsește un înveliș conjunctiv numit albugineea ovarului, care se continuă fără delimitare netă cu stroma corticalei acestuia. În interior se află parenchimul glandular, cu cele două zone caracteristice: *medulară* și *corticală* (fig. 148).

— *Zona medulară* este formată din țesut conjunctiv lax în care se găsesc elemente vasculare sangvine și limfatice, cît și fibre nervoase vegetative.

— *Zona corticală* conține elemente cu valoare funcțională; foliculii ovarieni, în diferite faze evolutive (fig. 149).

Foliculii primordiali (primari) reprezintă forma inițială, cu aspectul unor corpusculi sferoidali plini, alcătuiți dintr-o celulă mare sferică, situată central (*ovocit I*) iar

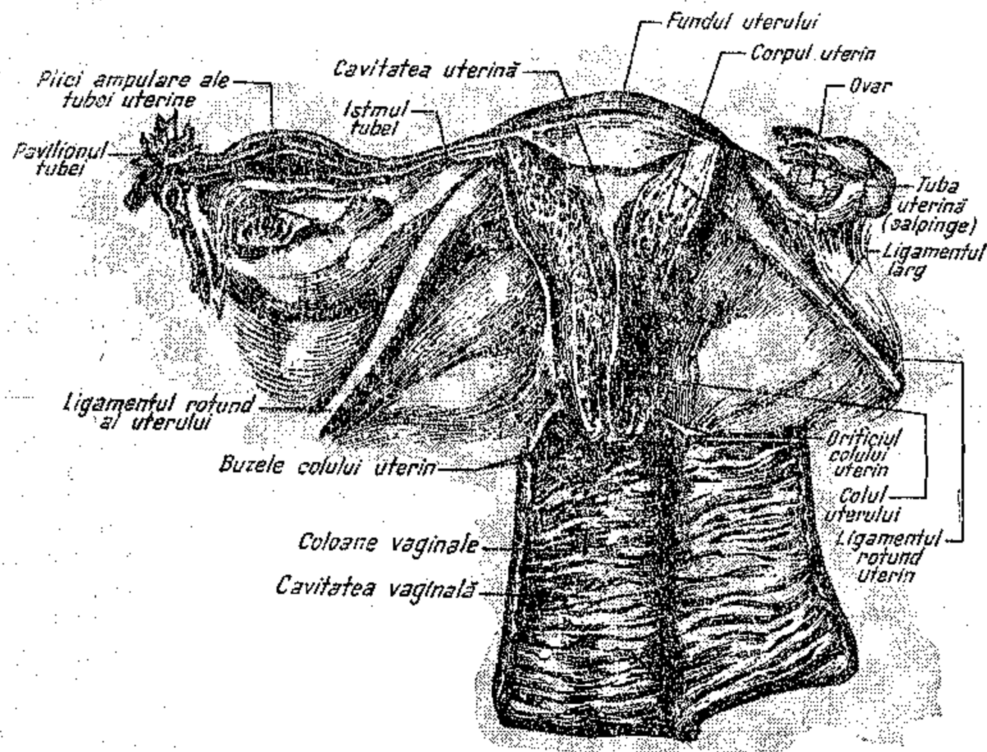


Fig. 148. Uterul și anexele.

periferic, dintr-un strat de celule mici (celule foliculare). Maturizarea foliculilor începe la pubertate și ține pînă la menopauză, fiind sub controlul F.S.H. (hormon foliculinostimulator) secretat de lobul anterior al hipofizei. În ambele ovare există circa 400 000 foliculi, din care se maturizează 300—400 (unul lunar); restul involuează.

Epiteliul folicular proliferează; devine pluristratificat (constituind membrana granuloasă); acest stadiu reprezintă *foliculii secundari (evolutivi)*. Între celulele granuloasei se formează o cavitate ce se umple cu lichid folicular.

Ovocitul înconjurat de membrana pellucida (groasă, rezistentă, cu rol trofic) este situat la periferia foliculului, fiind atașat de membrana granuloasă.

În același timp, la periferia foliculului secundar plin, apoi *cavitar*, se constituie, pe seama stromei corticalei ovarului, cele două teci caracteristice foliculului: internă și externă.

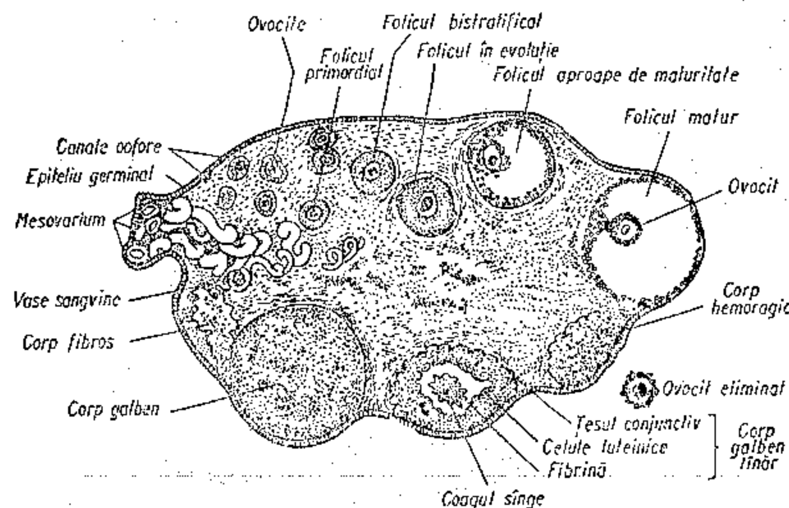


Fig. 149. Ovarul la mamifere.

Teaca internă, cu funcție endocrină, secretă estrogenii, sub influența hormonului luteinizant antehipofizar (LH), cea externă are structură conjunctivă. Lichidul folicular este vîscos și conține hormonii ovarieni activi — estrogenii — produși de celulele tecii interne.

Majoritatea foliculilor secundari cavitari involuează și, în mod obișnuit în fiecare lună, începînd cu apariția ciclului și pînă la menopauză, unul devine folicul matur.

Foliculul matur, terțiar sau *veziculos* (de Graaf), constituie stadiul de dezvoltare completă a foliculului și este cel mai voluminos. Este format din: teaca externă, teaca internă și membrana granuloasă. Foliculul conține cavitatea foliculară (cu lichid folicular), delimitată de membrana granuloasă.

Ovocitul, localizat periferic, se află într-o porțiune îngroșată a membranei granuloase (cumulus proliger). Celulele foliculare din imediata apropiere a ovocitului se dispun radiar și formează coroana radiată, care va însoți ovocitul expulzat în decursul evoluției, asigurîndu-i nutriția.

Ovocitul din foliculul matur, inițial de *ordinul I* (diploid), suferă înainte de ovulație prima diviziune de maturare și devine *ovocit II* (haploid), formă sub care este expulzat în timpul ovulației. După eliminarea ovocitului, foliculul ovarian matur se transformă în *corp galben*, care ia naștere prin transformarea celulelor foliculare în celule endocrine ce secretă progesteron.

Corpul alb reprezintă cicatricea care înlocuiește corpul galben involuat.

Vascularizația ovarului este asigurată de artera ovariană, ramură a aortei abdominale și de o ramură ovariană din artera uterină. Venele sînt reprezentate de vena ovariană dreaptă, care se varsă în vena cavă inferioară și

de vena ovariană stîngă, care se deschide în vena renală stîngă. Limfaticele conduc limfa în ganglionii iliaci și lombari.

Inervația este asigurată de nervi din plexurile vegetative aortice și hipogastric.

2. CALEA GENITALĂ

a. Trompele uterine (tuba uterină) sînt conducte musculo-membranoase, care se întind de la ovare pînă la uter, cu care comunică prin orificii numite *ostii uterine*. Extremitatea laterală prezintă ostiul abdominal ce se deschide în cavitatea abdominală. Au o lungime de 7—12 cm și se împart în patru porțiuni: *intrauterină* (lungă de 1 cm, situată în peretele uterin); *istmul trompei* (3—4 cm se întinde de la marginea laterală a uterului pînă la polul inferior al ovarului); *ampula tubei* (7—8 cm, mai dilatată, se întinde de la polul inferior la polul superior al ovarului); *infundibulul* (2 cm — de forma unei pîlnii cu pereții prevăzuți cu franjuri numite fimbrii, cu rol în captarea ovulului expulzat de către foliculul matur). Această parte se aplică pe fața medială a ovarului. Tubele sînt situate la marginea superioară a ligamentului lat al uterului, de care sînt legate prin mezosalpinge.

Structura anatomică. La exterior, sub seroasa peritoneală (care formează și un mezou), tuba prezintă o tunică adventițială, conjunctivă, sub care se găsește *tunica musculară*, formată din fibre netede, pe două straturi — longitudinal, la exterior și altul intern, circular. Prin mișcări peristaltice asigură transportul ovulului spre cavitatea uterină. În interior se află submucoasa și mucoasa, puternic cutată și prevăzută cu celule ciliate și neciliate ce ușurează trecerea spermatozoizilor și a ovulului în trompă.

Vascularizația este asigurată de ramuri tubare ce provin din artera ovariană și uterină. Venele sînt omonime arterelor. Limfa este drenată spre ganglionii iliaci și lombari. *Inervația* vegetativă provine din plexurile ovarian și utero-vaginal.

b. Uterul este situat în cavitatea pelviană, între vezica urinară și rect; este un organ musculos, cavitar și impar.

Formă și raporturi. Uterul este interpus între trompele uterine și vagin, fixat prin ligamentele late, utero-sacrale și chinga mușchilor ridicători anali. Are formă de pară, cu extremitatea mare orientată superior și ușor turtit antero-posterior. Prezintă trei porțiuni: *corpul uterului*, la extremitatea superioară, de formă triunghiulară, a cărui bază se numește *fundul uterului; istmul uterului* este porțiunea intermediară între corp și colul uterin; o extremitate inferioară mai strîmtă numită *colul uterin*. Corpul are două fețe: anterioară (vezicală) și posterioară (rectală). Pe marginile lui se află arterele uterine. Colul se continuă cu segmentul următor al aparatului genital feminin, vagina, în care proemină. Din cauza inserției vaginei pe col, colul are două porțiuni: una *supravaginală*, în raport cu vezica urinară anterior, cu rectul posterior, cu arterele uterine lateral, și una *intravaginală*, în raport cu pereții vaginei. Corpul uterului este învelit de peritoneu care, în părțile laterale, formează ligamentele late ale uterului. Ligamentele late unesc marginile laterale ale corpului uterului cu pereții laterali ai cavității pelviene.

Structura. Uterul este alcătuit din trei tunici: *tunica seroasă (perimetru)*, formată din peritoneul uterin, care aderă puternic în regiunea fundului și corpului; *tunica musculară (miometru)* este formată din fibre musculare

netede, stratul cel mai dezvoltat al uterului. Acestea sînt dispuse în trei straturi: *intern* — submucoasă — format din fibre radiare spiralate; *mijlociu* — din fascicule musculare cu dispoziție plexiformă, gros, care conține în ochiurile rețelei vase sangvine provenite din artera uterină; *extern* — format din fascicule longitudinale, oblice și circulare.

Tunica mucoasă (endometru) căptușește cavitatea uterină, avînd o structură diferită, în funcție de vîrstă și de ciclul ovarian.

Mucoasa uterină, formată dintr-un epiteliu cilindric, este bogată în glande tubuloase ce pătrund pînă în miometru. Endometrul are o evoluție ciclică lunară și în timpul sîngerării menstruale se elimină, în cea mai mare parte, ca în ciclul următor să se refacă din epiteliul fundului glandelor uterine care nu se elimină.

În interiorul uterului se găsește *cavitatea uterină*, turtită în sens antero-posterior; ocupă atît corpul cît și colul, comunicînd în jos cu vagina prin *orificiul uterin extern*, iar sus-lateral, cu cele două trompe.

Cavitatea uterului este divizată printr-o strangulare situată la nivelul istmului în două compartimente: cavitatea corpului, mai mare, și canalul cervical, situat la nivelul colului uterin. *Cavitatea corpului* are trei orificii: două laterale, foarte înguste, ce corespund deschiderii tubelor și orificiul inferior, ce conduce în canalul cervical. *Canalul cervical*, de aspect fuziform, prezintă orificiul intern ce conduce în cavitatea uterină; orificiul extern este chiar ostiul uterin și se deschide în vagină.

Vascularizația este asigurată de arterele uterine, ramuri din artera iliacă internă. Din acestea se desprind colaterale care irigă vagina, trompele uterine și ovarele. Venele uterine se deschid în vena iliacă internă. Limfaticele conduc limfa spre ganglionii lombari, iliaci și inghinali.

Inervația este asigurată de plexul uterin, format din ramuri ale plexului hipogastric (simpatic) și nervii pelvici (parasimpatic).

c. Vagina este un conduct musculo-conjunctiv, lung de 7—9 cm, median și impar care, prin extremitatea superioară se inseră pe colul uterin, iar prin cea inferioară (orificiul vaginal) se deschide în vestibulul vaginal, spațiu delimitat de cele două labii mici. Membrana himenală închide incomplet orificiul vaginal. Vagina prezintă un perete posterior în raport cu rectul și cu fundul de sac rectouterin Douglas, unde peritoneul este în contact cu peretele vaginal; prin fața anterioară vine în raport cu fundul vezicii urinare și cu uretra, iar în părțile laterale, vagina aderă de marginea medială a mușchilor ridicători anali.

Structura. Peretele vaginal este alcătuit din: *adventice*, la exterior, formată din țesut conjunctiv; *tunica musculară* cuprinde fibre netede circulare, la interior și longitudinale, la exterior; tunica mucoasă este formată dintr-un epiteliu pavimentos stratificat, care macroscopic prezintă numeroase cute transversale (rugae vaginales), iar pe linia mediană a celor doi pereți în axul lung al vaginei se află cîte o creastă longitudinală (columnae rugarum). Spre bătrînețe, aceste cute se șterg. Mucoasa nu are glande, epiteliul vaginei este acoperit de mucusul secretat de glandele colului uterin.

Vascularizația este asigurată de ramuri vaginale ce provin din artera uterină, artera rectală mijlocie, artera vezicală inferioară și artera rușinoasă internă. Venele alcătuiesc plexul utero-vaginal ce se deschide în vena iliacă internă, iar limfaticele conduc limfa în ganglionii iliaci interni și inghinali.

Inervația este dată de plexul vegetativ perivaginal, format din ramuri ale plexului hipogastric și din nervul pelvic.

Vulva are forma unei fante, alungită în sens sagital şi mărginită lateral de către două repliuri cutanate, labiile mari şi mici. Labiile mari sînt două repliuri cutanate (7—8 cm) cu două feţe, ambele acoperite de tegument, cea laterală prevăzută cu păr şi glande sebacee mari. Se unesc anterior, spre simfiza pubiană, prin comisura anterioară a labiilor, situată pe un relief median, acoperit de păr, numit muntele lui Venus, posterior se unesc prin comisura posterioară, la cîţiva centimetri anterior de anus.

Labiile mici sînt două cute simetrice situate medial de labiile mari şi despărţite de ele prin şanţul interlabial. Spaţiul mărginit de labiile mici, pe linia mediană, se numeşte vestibul vaginal, la care deosebim două zone: anterioară (deschiderea orificiului extern al uretrei) şi posterioară (orificiul vaginal care, lateral prezintă deschiderile canalelor glandelor vulvovaginale — Bartholin — ce umectează intrarea în vagin). Anterior, înainte de a se uni, labiile mici se dedublează fiecare în două repliuri: unul trece anterior de clitoris (organ erectil, impar, omologat cu penisul) şi se uneşte cu cel de partea opusă, formînd prepuţul clitorisului, iar celălalt trece posterior de clitoris şi formează cu cel de partea opusă, frîul clitoridian.

Organele erectile ale vulvei sînt: clitorisul şi bulbii vestibulari (două organe analoge corpului cavernos al uretrei la bărbat, situaţi la baza labiilor mari).

Vascularizaţia este asigurată de ramuri ale arterei ruşinoase interne; venele se deschid în vena iliacă internă, iar *limfaticele* drenează limfa în ganglionii inghinali superficiali.

Inervaţia organelor genitale externe este somatică şi vegetativă; cea somatică este dată de nervul ruşinos intern şi nervul ilio-inghinal iar cea vegetativă, de plexul hipogastric şi nervul pelvic.

Glandele mamare

Mamela este formată din glanda mamară şi diferite părţi moi (ţesut conjunctiv, adipos) care o înconjură. Este o glandă pereche, anexă a aparatului genital feminin, situată pe peretele toracic anterior, în intervalul dintre coastele III—VII, de origine cutanată (ectodermală).

XXIX. APARATUL GENITAL MASCULIN

Testiculul

Testiculul. Testiculul (organ pereche) este glanda genitală masculină ce îndeplineşte două funcţii: a) *spermatogeneza,* formarea celulelor sexuale (spermii) ce se desfăşoară la nivelul tubilor seminiferi contorţi; b) *funcţia endocrină,* prin care celulele interstiţiale (Leydig) ale parenchimului testicular secretă hormonii androgeni (testosteronul), ce determină maturizarea organelor sexuale şi stimulează evoluţia caracterelor sexuale secundare masculine.

Testiculul, de aproximativ 25 g, organ pereche, are forma unui ovoid turtit transversal, situat în bursa scrotală, la nivelul perineului anterior. De fiecare testicul este anexat un organ alungit, *epididimul,* care reprezintă primul segment extratesticular al conductelor seminale. Epididimul are lungime de 5—6 cm, forma unei virgule, aşezat pe extremitatea superioară şi marginea posterioară a testiculului, pînă la polul inferior al acestuia. Conţine canalul epididimar, care se continuă cu canalul deferent (fig. 150). Testiculul este învelit la suprafaţă de o mem-

Fig. 150. Schema organelor genitale la bărbat.

brană conjunctivă de culoare albă-sidefie, numită *albuginee*, rezistentă și neextensibilă, ținînd în tensiune parenchimul testicular (rol în progresiunea spermiilor de-a lungul epididimului și canalului deferent). La marginea postero-superioară a testiculului, albugineea prezintă o îngroșare de formă piramidală, numită *mediastinul testiculului*. De la mediastin pleacă radiar septuri conjunctive ce străbat parenchimul, delimitînd *lobulii testiculului* (care conțin parenchimul glandei), de formă piramidală, cu vîrful spre mediastin. Lobulii testiculari (spermatici) sînt în număr de 250—300 pentru fiecare testicul; sînt formați din 2—3 tubi subțiri sinuoși, încolăciți, numiți *tubi seminiferi contorți* (400—800 într-un testicul), în care se desfășoară spermatogeneza și din țesut conjunctiv interstițial (celulele Leydig), cu rol în secreția endocrină a testiculului.

Tubii seminiferi contorți încep printr-o extremitate liberă în fund de sac la baza piramidelor. În structura lor intră o membrană bazală și un epiteliu stratificat cu *celule seminale*, care prin spermatogeneză formează spermiile, și cu *celule trofice* de susținere, *Sertoli*.

La vîrful fiecărui lobul, în apropiere de mediastin, tubii contorți iau un traiect rectiliniu și devin *tubi drepți*, pătrund în mediastin, unde confluează, constituind o rețea anastomozată, numită *rețeaua testiculară* (Rete testis), care reprezintă al doilea segment al căilor spermatice. Din această rețea se desprind 10—15 *canale eferente* care trec din mediastin în capul epididimului și se deschid într-un canal unic — *canalul epididimar* (4—6 m) — care alcătuiește corpul și coada epididimului și care se continuă cu canalul deferent. Epiteliul canalelor eferente și al canalului epididimar secretă un lichid ce intră în compoziția spermei.

Vascularizația *testiculului și epididimului*

Primesc ramuri arteriale din mai multe surse: artera *testiculară*, ramură din aorta abdominală și artera *deferențială*, ramură din iliaca internă. Venele formează plexul pampiniform, din care rezultă vena testiculară, care se varsă în vena cavă inferioară la dreapta, în timp ce vena testiculară stîngă se deschide în vena renală homolaterală.

Inervația este asigurată de plexul testicular, provenit din cel aortic, și de plexul deferențial, cu originea în plexul hipogastric.

Conductele (căile) spermatice

Căile spermatice sînt conducte de eliminare ale spermiilor și lichidului spermatic. Ele sînt intratesticulare și extratesticulare.

— *Căile intratesticulare* sînt reprezentate de tubii seminiferi drepți și rețeaua testiculară, constituind primele două segmente ale căilor spermatice.

— *Căile spermatice extratesticulare* sînt: canalele eferente, canalul epididimar, canalul deferent, ejaculator și uretra. *Canalul deferent* continuă canalul epididimar și are o lungime de 50 cm și pleacă de la coada epididimului, terminîndu-se la baza prostatei, prin porțiunea ampulară (mai dilatată) care se unește cu ductul excretor al veziculei seminale, formînd ductul ejaculator care străbate prostata și se deschide în uretra prostatică, la nivelul coliculului seminal.

Structură anatomică. Canalul deferent este format dintr-o tunică conjunctivă externă, o tunică musculară cu trei straturi de fibre netede și dintr-o tunică internă — mucoasa — alcătuită dintr-un epiteliu prizmatic.

Glandele anexe

a. *Vezicula seminală*

Este un organ pereche, situat deasupra prostatei, între vezica urinară și rect, lateral de ampulele deferențiale. Are rol secretor, produsul adăugîndu-se lichidului seminal. Vezicula seminală are formă ovoidală, lungă de 4—5 cm și lată de 2 cm. Ea este un tub întortochiat, cu multe sinuozități unite prin tracturi fibroase, dîndu-i un aspect vezicular (alveolar). În interior, cavitatea veziculei seminale este neregulată, cu lumenul compartimentat în mai multe diverticule, formate de plici ale mucoasei, și care comunică unele cu altele.

Peretele veziculei este format dintr-o tunică conjunctivă externă, o tunică musculară (strat longitudinal și circular) și o mucoasă epitelială, cubică, cu celule secretoare.

Vascularizația este asigurată de artera deferențială și rectală mijlocie; venele formează plexul seminal care se continuă cu plexul vezico-prostatic. *Limfaticele* merg spre ganglionii iliaci.

Inervația este dată de ramuri ale plexului hipogastric.

b. *Prostata*

Prostata este un organ glandular (funcție exocrină), impar, situat în jurul porțiunii inițiale a uretrei, produsul de secreție participînd la formarea spermei. Este localizată în cavitatea pelviană, în *loja prostatică*, cuprinsă între vezica urinară, rect, perineu și simfiza pubiană. Uretra străbate prostata vertical (aproape de fața anterioară), iar cele două canale ejaculatoare o străbat oblic, dinapoi-înainte deschizîndu-se în uretra prostatică. Are forma unui con turtit, cu vîrful îndreptat în jos și înainte, și i se descriu: o bază, vîrful, fața anterioară și fața posterioară.

Structură. Prostata este alcătuită dintr-o stromă conjunctivo-musculară și un parenchim glandular, predominant. *Stroma* formează la exterior o *capsulă conjunctivo-musculară* groasă, care trimite spre interior septuri conjunctivo-musculo-elastice, împărțind parenchimul glandular în *lobuli*. Un lobul corespunde unei glande prostatice. Lobulii glandulari (20—30) se deschid printr-un număr mai mic de orificii în uretra prostatică. *Substanța glandulară* (parenchimul) este formată din *glandele periuretrale*, mici, mucoase, situate în țesutul din jurul uretrei, și *glandele prostatice propriu-zise* (30—50), de tip tubulo-alveolar, lungi și puternic ramificate. Prostata secretă un lichid lactescent, care se adaugă spermei, cu miros caracteristic și reacție ușor alcalină, favorizînd mobilitatea spermiilor.

Vascularizația este asigurată de ramuri ale arterei vezicale inferioară și din artera rectală mijlocie; venele se deschid în plexul vezico-prostatic tributar venei iliace interne. Limfaticele ajung la ganglionii iliaci.

Inervația aparține plexului hipogastric și nervului pelvic.

c. *Glandele bulbo-uretrale*

Glandele bulbo-uretrale sînt două formațiuni glandulare ovoide, situate de o parte și de alta a bulbului uretral. Se deschid prin două canale, în uretra spongioasă. Secretă un lichid clar, vîscos, asemănător cu cel prostatic, care se adaugă lichidului spermatic.

B. ORGANELE GENITALE EXTERNE

a. *Penisul*

Organ genital și urinar — este situat deasupra scrotului, înaintea simfizei pubiene. Prezintă o porțiune perineală, *rădăcina penisului*, și o porțiune liberă — *corpul penisului*, care la extremitatea sa anterioară se termină cu o parte mai voluminoasă, numită *gland*. Rădăcina este fixată prin cei doi corpi cavernoși, de ramurile ischio-pubiene ale coxalului, iar corpul este fixat de simfiza pubiană prin ligamente fibroase, unul superior și altul inferior. *Corpul penisului* are formă cilindrică, ușor turtit, prezentînd o față superioară (dorsum penis) și una inferioară, uretrală. *Glandul* cu baza sa înconjoară circumferința corpului, depășindu-l ca o coroană, la acest nivel existînd *șanțul balano-prepuțial*. La vîrful său, orientat spre fața uretrală se află *orificiul extern al uretrei*. Învelișul tegumentar al penisului se continuă, la nivelul glandului, cu *prepuțul*, un manșon cutanat — care se termină în fund de sac. Spațiul dintre prepuț și gland conține *glandele prepuțiale* care secretă smegma.

Structură. Penisul este format dintr-un aparat erectil și învelișuri. *Organele erectile* sînt formațiuni fibro-musculare areolate, numite *corpi cavernoși* și *corpul spongios* care, fiind umplute cu sînge, determină erecția. Cei doi corpi cavernoși au formă cilindrică și formează cea mai mare parte a penisului, ocupînd fața dorsală, laturile și parțial, fața uretrală. Extremitățile lor posterioare se inseră pe ramurile osoase ischio-pubiene.

Corpii cavernoși se unesc pe linia mediană, prin intermediul unui sept conjunctiv, iar extremitățile anterioare vin în contact cu fața posterioară a glandului, printr-o lamă conjunctivă. Sînt acoperiți de un înveliș fibros, foarte rezistent, numit *tunica albuginee*, de la care pornesc septuri conjunctive care separă un sistem cavernos ce conține țesutul erectil vascular.

Corpul spongios al uretrei este o formațiune unică ce intră în alcătuirea penisului, ocupînd spațiul median dintre corpii cavernoși. Este format din țesut cavernos și învelește uretra care-l străbate de la un capăt la altul. Extremitatea sa posterioară începe printr-o porțiune mai dilatată — *bulbul uretral* — iar cea anterioară se continuă cu glandul. La exterior, corpul spongios este învelit de o tunică albuginee, iar țesutul său spongios este format din caverne ce corespund lacunelor venoase.

Învelișurile penisului

Penisul este învelit *de piele*, care se continuă cu pielea scrotului și a regiunii pubiene. Sub aceasta se găsește o lamă musculară subțire, care formează *dartosul penian*. În interior se află o *tunică conjunctivă laxă*, în care se află vase superficiale, iar mai profund, *fascia penisului*, continuare a fasciei superficiale a abdomenului care învelește corpii spongios și cavernoși.

Vascularizația este asigurată de ramuri din artera rușinoasă internă; venele se deschid în vena rușinoasă internă și de aici în vena iliacă internă. *Limfaticele* sînt superficiale, tributare ganglionilor inghinali, și profunde, tributare ganglionilor iliaci.

Inervația învelișurilor este dată de nervul rușinos și de ramuri genitale ale plexului lombar, iar a organelor erectile, de ramuri simpatice și parasimpatice ale plexului hipogastric și nervul pelvic, cu rol dilatator.

b. *Scrotul* (burse scrotale)

Scrotul formează partea organelor genitale externe în care sînt localizate testiculele. Este un sac median, situat sub penis, format din mai multe tunici concentrice, care se continuă cu planurile peretelui anterior al abdomenului și cu învelișurile penisului. La exterior apare ca o pungă cutanată, situată în partea inferioară a peretelui abdominal, avînd pe fața antero-inferioară un șanț longitudinal median, corespunzînd rafeului scrotal, care separă cele două burse scrotale.

În structura scrotului intră următoarele tunici, care corespund straturilor peretelui abdominal: *pielea* — prelungirea tegumentului abdominal, cu numeroase cute transversale, peri, glande sebacee și sudoripare; *tunica dartos*, lamă musculară formată din fibre musculare netede; ia parte la formarea peretelui dintre bursele testiculare; *fascia* spermatică externă ce provine din aponevroza mușchiului oblic extern; fascia cremasterică — conține fibre ale mușchiului cremaster (care provine din m. oblic intern și m. transvers abdominal); fascia spermatică internă — care continuă fascia transversală a peretelui abdominal; *tunica vaginală* este seroasa care acoperă testiculul și epididimul. Arterele care *vascularizează* scrotul sînt: a. rușinoase externe (din a. femurală) și ramuri scrotale (din a. rușinoasă internă). Sîngele venos este drenat prin venele rușinoase externe, în vena femurală, și prin venele rușinoase interne, în vena hipogastrică.

Inervația este asigurată de ramuri ale plexului lombar.

Coli de tipar: 22,50. Format: 16/70×100. Bun de tipar: 11. X. 1983. Nr. plan: 7279. Ediția: 1983.

Tiparul executat sub comanda nr. 286/83, la
Întreprinderea Poligrafică „Crișana", Oradea,
str. Moscovei nr. 5.
Republica Socialistă România

